



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMEN BALE  
HINGGIL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN  
*CONCRETED FILLED STEEL TUBE* DAN *ECCETRICALLY  
BRACED FRAMES***

RYAN TOFIK  
NRP 3114 106 056

Dosen Pembimbing I :  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II :  
Endah Wahyuni , ST., MSc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMENT BALE  
HINGGIL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN  
*CONCRETED FILLED STEEL TUBE* DAN *ECCETRICALLY  
BRACED FRAMES***

RYAN TOFIK  
NRP 3114 106 056

Dosen Pembimbing I :  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II :  
Endah Wahyuni , ST., MSc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknol<sup>o</sup>gi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC141501

**DESIGN MODIFICATION OF BALE HINGGIL  
APARTMENT SURABAYA BY USING CONCRETE  
FILLED STEEL TUBE AND ECCENTRICALLY  
BRACED FRAMES**

**RYAN TOFIK  
NRP 3114 106 056**

Major Supervisor I :  
Budi Suswanto, ST, MT., Ph.D

Major Supervisor II :  
Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

## LEMBAR PENGESAHAN

# **MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMENT BALE HINGGIL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE DAN ECCENTRICALLY BRACED FRAMES**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**RYAN TOFIK**

NRP: 3114 106 056



Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. **Budi Suswanto, ST., M.E., Ph.D** (Pembimbing I)

2. **Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D** (Pembimbing II)

**SURABAYA  
JANUARI, 2017**



# **MODIFIKASI PERENCANAAN APARTEMENT BALE HINGGIL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN CONCRETE FILLED STEEL TUBE DAN ECCENTRICALLY BRACED FRAMES**

Nama Mahasiswa : Ryan Tofik  
NRP : 3114 106 056  
Dosen Pembimbing : 1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
: 2. Endah Wahyuni, ST., M.Sc Ph.D

## **Abstrak**

Struktur baja merupakan alternatif yang digunakan sebagai struktur tahan gempa, karena baja dinilai memiliki daktilitas yang lebih baik dibandingkan dengan struktur beton. Sistem struktur *Eccentrically Braced Frames* (EBF) memiliki kelebihan yaitu membatasi kelelahan geser yang terjadi dengan *link* pendek.

Pada modifikasi perencanaan struktur gedung apartement Bale Hinggil ini digunakan, *concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frames* (EBF). Perhitungan struktur yang dilakukan pada sistem struktur ini mengacu pada, SNI 03-1729-2002 “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional”, PPURG 1987, SNI 03-1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”. SNI 03-1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung”, dan SNI 03-2847-2013 “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”. pemodelan dan analisa struktur menggunakan program ETABS.

Dari analisa yang telah dilakukan diperoleh, tebal plat atap 9 cm, lantai dan parkir 10 cm, dimensi balok induk lantai WF 450.300.10.16, dimensi balok induk parkir dan atap WF 400.300.9.14, dimensi kolom parkir P1-4 CFT 800.800.25.25, kolom Lantai 5-18 CFT 700.700.22.22, kolom Atap 19-20 CFT 600.600.16.16, dimensi bressing WF 300.300.12.12, base plate menggunakan fixed plate BMK-17 dari katalog PT.Gunung Garuda dan panjang element *link* yang direncanakan 100 cm. Sambungan struktur utama direncanakan dengan baut A325. Pondasi menggunakan *spun pile* diameter 60 cm dengan kedalaman 30 m. Sloof ukuran 45x70 cm dengan tulangan utama 10 D22 dan tulangan geser Ø10-250.

**Kata Kunci : Apartement, Concrete Filled Steel Tube, Eccentrically Bracing Frames (EBF)**

# **DESIGN MODIFICATION OF BALE HINGGIL APARTMENT SURABAYA BY USING CONCRETE FILLED STEEL TUBE AND ECCENTRICALLY BRACED FRAMES**

Name : Ryan Tofik  
Student ID : 3114 106 056  
Major Supervisor : 1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D  
: 2. Endah Wahyuni, ST., M.Sc Ph.D

## **Abstract**

*Steel structure is commonly used as alternative for earthquake resistance building, because it has better ductility than concrete structure. Eccentrically Braced Frames has the advantage to reduce shear yield mechanism that happened to short link.*

*This design modification structure of Bale Hinggil Apartment used concrete filled steel tube and Eccentrically Braced Frames (EBF). Structure calculations were referred to the SNI 03-1729-2002 "Planning Procedures for Building Steel Structure, National Standardization Agency", PPURG 1987, SNI 03-1727-2013 "Minimum load for Designing Buildings and Other structures", SNI 03-1726-2012 "Resisting Planning Standard from Earthquake for building structure", and SNI 03-2847-2013 "Planning Procedures for Building Concrete Structure, National Standardization Agency". Modelling and structural analysis were performed using ETABS.*

*From the analysis and calculation, the results obtained: the parking floor slab used thickness of 9 cm, the apartment floor and roof slab thickness of 10 cm; the dimensions of the apartement floor beam is WF 450.300.10.16; the dimensions of the parking floor and roof beam are WF 400.300.9.14; the column dimensions of CFT 800.800.25.25 floors for P1-4, the column dimensions of CFT 700.700.22.22 for floor 5-18, the column dimensions of CFT 600.600.16.16 for floor 19-20; the dimension of the bracing of WF 300.300.12.12; and the base plate using fixed plate BMK-17 from the catalogue of PT. Gunung Garuda. the main structure is planned as a rigid connection with bolt of A325. Foundation design used spun piles with diameter of 60 cm and a depth of 30m. It also has tie beam with size of 45 cm x 70 cm with the main reinforcement and shear reinforcement of 10D22 and Ø10-250 respectively*

**Keywords : Apartment, Concrete Filled Steel Tube, Eccentrically Bracing Frames**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi Perencanaan Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Struktur *Concrete Filled Steel Tube* Dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*” tepat pada waktunya.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penyusun telah mendapat bimbingan dan arahan serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dari penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Kepada Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D dan Ibu Endah Wahyuni ST., MSc., Ph.D sebagai dosen pembimbing yang memberikan arahan dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD selaku ketua jurusan teknik sipil.
4. Seluruh dosen pengajar jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang bermanfaat.
5. Teman-teman seperjuangan ITS khususnya Sipil LJ 2015 ITS.
6. Teman-teman seperjuangan dari Politeknik Negeri Jakarta yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
7. Zalinda Dwiana Putri yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan dan juga pengertiannya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan cepat.
8. Kakak-kakak kelas Lintas Jalur S-1 alumni Politeknik Negeri Jakarta yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman serta arahan kepada penulis.
9. Rekan-rekan sekalian yang tidak dapat disebutkan satu-persatu serta semua pihak yang telah banyak membantu

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Sehingga besar harapan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Demikianlah Tugas Akhir ini dibuat, semoga dapat memberikan manfaat bagi pembaca khususnya bagi mahasiswa/i Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Januari 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Perencanaan .....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Umum.....	7
2.2 Kolom <i>Concrete Filled Steel Tube</i> .....	7
2.2.1 Pengertian kolom Concrete Filled Steel Tube .....	7
2.2.2 Tipe kolom Concrete Filled Steel Tube .....	7
2.2.3 Kelebihan kolom Concrete Filled Steel Tube.....	8
2.3 Struktur Rangka Baja Tahan Gempa.....	9
2.3.1 <i>Moment Resisting Frame</i> (MRF) .....	9
2.3.2 Concentrically Braced Frames (CBF) .....	11
2.3.3 <i>Eccentrically Braced Frames</i> (EBF) .....	13
2.3.4 Perilaku <i>Link Beam</i> .....	15

2.3.4.1 Kuat Elemen <i>Link Beam</i> .....	1
2.3.4.2 Panjang Elemen <i>Link Beam</i> .....	17
2.3.4.3 Sudut Rotasi <i>Link Beam</i> .....	19
2.3.4.4 Pendetailan <i>Link Beam</i> .....	20
2.4 Steel Floor Deck.....	22
2.5 Sambungan .....	23
2.6 Pondasi .....	24
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>27</b>
3.1 Diagram Alur Perencanaan .....	27
3.2 Uraian Metodologi .....	28
3.2.1 Pengumpulan Data .....	28
3.2.2 Studi Literatur .....	29
3.2.3 Preliminary Design.....	29
3.2.4 Pembebanan Struktur .....	30
3.2.5 Pemodelan dan Analisa Struktur.....	45
3.2.6 Kontrol Design .....	46
3.2.6.1 Kontrol Design Penampang Balok.....	46
3.2.6.2 Kontrol Design Kolom <i>Steel Tube</i> .....	50
3.2.6.3 Kontrol Profil Bracing.....	59
3.2.6.4 Kontrol <i>Link</i> .....	60
3.2.7 Perencanaan Sambungan .....	61
3.2.8 Perencanaan Struktur Bawah.....	63
3.2.8.1 Perencanaan Pondasi .....	63
3.2.8.2 Perencanaan Poer.....	67
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER .....</b>	<b>71</b>

4.1 Perencanaan Pelat Lantai.....	71
4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai 20.....	71
4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai 4-19.....	74
4.1.3 Perencanaan Pelat Lantai P1-P3 .....	76
4.2 Perencanaan Balok Anak.....	78
4.2.1 Perencanaan Balok anak Lantai 20 .....	79
4.2.2 Perencanaan Balok anak Lantai 4-19 .....	83
4.2.3 Perencanaan Balok anak Lantai P1-P3 .....	87
4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes.....	91
4.3.1 Perencanaan Tangga.....	92
4.3.2 Perencanaan Bordes .....	98
4.3.3 Perencanaan Balok Utama Tangga.....	102
4.3.4 Balok Penumpu Tangga .....	109
4.4 Perencanaan Balok Lift .....	113
4.5 Perencanaan Ramp .....	120
4.5.1 Perencanaan Pelat Ramp .....	120
4.5.2 Perencanaan Bordes Ramp.....	122
4.5.3 Perencanaan Balok Utama Ramp .....	127
4.5.4 Balok Penumpu Ramp.....	133
<b>BAB V PEMODELAN STRUKTUR.....</b>	<b>139</b>
5.1 Pemodelan Struktur .....	139
5.2 Pembebanan Struktur Utama.....	140
5.2.1 Berat Total Bangunan.....	143
5.2.2 Kombinasi Pembebanan .....	144
5.3 Pembebanan Gempa Dinamis .....	145

5.3.1 Klasifikasi Tanah.....	145
5.3.2 Lantai Tingkat Satu sebagai diafragma .....	146
5.3.3 Arah Pembebanan.....	146
5.3.4 Parameter Respon Spektrm Rencana .....	147
5.4 Kontrol Desain .....	151
5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa.....	151
5.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	153
5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.....	154
5.4.4 Kontrol Akhir Base Reaction .....	154
5.4.5 Kontrol Batas Simpangan antar Lantai.....	157
<b>BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER .....</b>	<b>161</b>
6.1 Analisa Struktur Primer.....	161
6.2 Perencanaan Struktur Balok .....	161
6.2.1 Balok Induk P1-P3 bentang 8,825 m.....	161
6.2.2 Balok Induk 4-19 bentang 6,175 m .....	164
6.2.3 Balok Induk 4-19 bentang 6, m .....	167
6.3 Perencanaan Struktur Kolom.....	170
6.3.1 Kolom P1-4 .....	170
6.4 Perencanaan Bressing.....	176
6.4.1 Bressing Arah X .....	176
6.4.2 Bressing Arah Y .....	179
6.5 Balok Link EBF .....	181
6.5.1 Balok Link Arah X.....	181
6.5.2 Pengaku Link Arah X.....	185
6.5.3 Balok Link Arah Y .....	186



6.5.4 Pengaku Link Arah Y .....	189
6.6 Balok Diluar Link EBF .....	190
6.6.1 Balok Diluar Link Arah X .....	190
6.6.2 Balok Diluar Link Arah Y .....	192
<b>BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN.....</b>	<b>195</b>
7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk.....	195
7.1.1 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. P1-P3	195
7.1.2 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 4-19..	198
7.1.3 Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 20 .....	202
7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dan Penumpu Tangga	206
7.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	209
7.4 Sambungan Balok Penumpu Ramp dan Balok Utama ....	212
7.5 Sambungan Balok Penumpu Ramp dan Kolom .....	216
7.6 Sambungan Antar Kolom Lantai 4 dan 5 .....	220
7.7 Sambungan Batang Bressing WF 300x300x12x12 .....	221
7.8 Sambungan Balok Utama dengan Kolom .....	224
7.9 Sambungan Kolom dan Base Plate.....	228
<b>BAB VIII PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH.....</b>	<b>235</b>
8.1 Umum.....	235
8.2 Desain Tiang Pancang Kolom.....	235
8.2.1 Data Perencanaan .....	235
8.2.2 Beban Pada Tiang Pancang .....	235
8.2.3 Daya dukung Ijin satu Tiang .....	237
8.2.4 Tiang Pancang Kelompok .....	238

8.3 Perencanaan Poer Pada kolom .....	240
8.3.1 Kontrol Geser Pons Akibat Kolom.....	241
8.3.2 Kontrol Geser Pons Akibat Kolom Pancang .....	243
8.4 Desain Penulangan Poer Kolom.....	244
8.5 Perencanaan Kolom Pedestal .....	246
8.6 Perencanaan Sloof Pondasi .....	248
8.6.1 Penulangan Geser Sloof .....	251
<b>BAB IX PENUTUP .....</b>	<b>253</b>
9.1 Kesimpulan.....	253
9.2 Saran.....	257
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	
<b>LAMPIRAN.....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Macam-macam Struktur Komposit.....	8
<b>Gambar 2.2</b> <i>Momen Resisting Frame</i> .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Konfigurasi Sistem CBF .....	12
<b>Gambar 2.4</b> Perilaku Konfigurasi Sistem CBF.....	12
<b>Gambar 2.5</b> Eccentrically Braced Frames (EBF) .....	14
<b>Gambar 2.6</b> Gaya yang bekerja pada <i>Link</i> .....	16
<b>Gambar 2.7</b> Kekakuan Elastik terhadap variasi $e/L$ pada dua konfigurasi EBF. ....	18
<b>Gambar 2.8</b> Sudut Rotasi <i>Link Beam</i> .....	20
<b>Gambar 2.9</b> <i>Detailing</i> pada <i>Link Beam</i> .....	22
<b>Gambar 2.10</b> Penampang <i>Steel Floor Deck</i> .....	22
<b>Gambar 2.11</b> Jenis Pondasi Dangkal .....	25
<b>Gambar 2.12</b> Jenis Pondasi Dalam. ....	26
<b>Gambar 3.1</b> <i>Flowchart</i> Perencanaan.....	28
<b>Gambar 3.2</b> Peta Untuk S1 ( $T=1s$ , probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun) .....	35
<b>Gambar 3.3</b> Peta Untuk SS ( $T=0,2s$ , probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun) .....	35
<b>Gambar 3.4</b> Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum. ....	44
<b>Gambar 3.5</b> Pondasi Tiang Pancang Grup.....	65
<b>Gambar 3.6</b> Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang .....	68
<b>Gambar 4.1</b> Pelat Lantai 20 .....	71
<b>Gambar 4.2</b> Penulangan Bondek 20 .....	73
<b>Gambar 4.3</b> Pelat Lantai 4-19 .....	74
<b>Gambar 4.4</b> Penulangan Bondek Lantai 4-19 .....	76
<b>Gambar 4.5</b> Pelat Lantai P1-P3.....	76
<b>Gambar 4.6</b> Penulangan Bondek Lantai P1-P3.....	78
<b>Gambar 4.7</b> Denah Pembebanan Balok Lantai P1-P3 .....	79

<b>Gambar 4.8</b>	Denah Pembebanan Balok Lantai 4-19.....	83
<b>Gambar 4.9</b>	Denah Pembebanan Balok Lantai P1-P3 .....	88
<b>Gambar 4.10</b>	Denah Tangga .....	93
<b>Gambar 4.11</b>	Pelat Anak Tangga .....	93
<b>Gambar 4.12</b>	Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga .....	95
<b>Gambar 4.13</b>	Denah Bordes .....	98
<b>Gambar 4.14</b>	Model Pembebanan Balok Tangga .....	104
<b>Gambar 4.15</b>	Pemodelan Pembebanan Pada ETABS .....	104
<b>Gambar 4.16</b>	Bidang Momen Balok Tangga .....	105
<b>Gambar 4.17</b>	Bidang Geser Balok Tangga .....	105
<b>Gambar 4.18</b>	Bidang Aksial Balok Tangga .....	105
<b>Gambar 4.19</b>	Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	109
<b>Gambar 4.20</b>	Bidang Momen Balok Penumpu Tangga .....	110
<b>Gambar 4.21</b>	Bidang Geser Balok Penumpu Tangga .....	110
<b>Gambar 4.22</b>	Posisi $M_a$ , $M_b$ , $M_c$ Balok Penumpu Tangga .....	111
<b>Gambar 4.23</b>	Denah <i>Lift</i> .....	114
<b>Gambar 4.24</b>	Potongan Melintang <i>Lift</i> .....	114
<b>Gambar 4.25</b>	Model Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i> .....	116
<b>Gambar 4.26</b>	Denah Ramp.....	120
<b>Gambar 4.27</b>	Penulangan Bondek Ramp .....	122
<b>Gambar 4.28</b>	Denah Bordes Ramp .....	122
<b>Gambar 4.29</b>	Model Pembebanan Balok Utama Ramp .....	128
<b>Gambar 4.30</b>	Bidang Momen Balok Ramp.....	128
<b>Gambar 4.31</b>	Bidang Geser Balok Ramp.....	128
<b>Gambar 4.32</b>	Bidang Aksial Balok Ramp.....	129
<b>Gambar 4.33</b>	Posisi $M_a$ , $M_b$ , $M_c$ Balok Penumpu Ramp.....	131
<b>Gambar 4.34</b>	Pembebanan Balok Penumpu Ramp .....	134
<b>Gambar 4.35</b>	Bidang Momen Balok Penumpu Ramp .....	134
<b>Gambar 4.36</b>	Bidang Geser Balok Penumpu Ramp.....	135
<b>Gambar 4.37</b>	Bidang Aksial Balok Ramp.....	136
<b>Gambar 5.1</b>	Denah Struktur Apartement Bale Hinggil.....	139
<b>Gambar 5.2</b>	Model 3 Dimensi Apartement Bale Hinggil .....	140
<b>Gambar 5.3</b>	Grafik Spektrum Percepatan Gempa Wilayah Surabaya .....	150

<b>Gambar 6.1</b> Hasil Gaya Dalam ETABS Balok Utama Lantai P1-P3.....	161
<b>Gambar 6.2</b> Hasil Gaya Dalam ETABS Balok Utama Lantai 4-19 (BI2) .....	164
<b>Gambar 6.3</b> Hasil Gaya Dalam ETABS Balok Utama Lantai 4-19 (BI3) .....	167
<b>Gambar 6.4</b> Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS $800 \times 800 \times 25 \times 25$ .....	170
<b>Gambar 6.5</b> Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom 17009.....	173
<b>Gambar 6.6</b> Gambar gaya dalam axial pada kolom 17009 ....	173
<b>Gambar 6.7</b> Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom C142 .....	174
<b>Gambar 6.8</b> Gambar gaya dalam axial pada kolom C142 .....	175
<b>Gambar 6.9</b> P Element <i>Link</i> Arah X .....	182
<b>Gambar 6.10</b> Hasil Gaya Dalam <i>Link</i> Arah X .....	183
<b>Gambar 6.11</b> Jarak Pengaku <i>Link</i> Arah X .....	185
<b>Gambar 6.12</b> Element <i>Link</i> Arah Y. ....	186
<b>Gambar 6.13</b> Hasil Gaya Dalam <i>Link</i> Arah Y .....	187
<b>Gambar 6.14</b> Jarak Pengaku <i>Link</i> Arah Y .....	189
<b>Gambar 6.15</b> Element balok diluar <i>Link</i> Arah X .....	190
<b>Gambar 6.16</b> Element balok diluar <i>Link</i> Arah Y .....	192
 <b>Gambar 7.1</b> Sambungan Balok Anak Dengan Balok Induk Lantai P1-P3 .....	195
<b>Gambar 7.2</b> Detail plat siku pada gelagar .....	195
<b>Gambar 7.3</b> Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lt. 4-19.....	199
<b>Gambar 7.4</b> Detail plat siku pada gelagar .....	200
<b>Gambar 7.5</b> Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lt. 20 203	
<b>Gambar 7.6</b> Detail plat siku pada gelagar .....	204
<b>Gambar 7.7</b> sambungan balok utama tangga dengan penumpu tangga .....	206
<b>Gambar 7.8</b> Detail plat siku pada gelagar .....	207

<b>Gambar 7.9</b> Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom.....	209
<b>Gambar 7.10</b> Detail plat siku pada gelagar.....	211
<b>Gambar 7.11</b> sambungan balok utama Ramp dengan penumpu Ramp .....	212
<b>Gambar 7.12</b> Detail plat siku pada gelagar.....	214
<b>Gambar 7.13</b> sambungan balok Penumpu Ramp dengan Kolom.....	215
<b>Gambar 7.14</b> Sambungan Kolom dengan Kolom.....	220
<b>Gambar 7.15</b> Sambungan Bresing Dengan Balok .....	222
<b>Gambar 7.16</b> sambungan balok Utama dengan Kolom .....	224
<b>Gambar 7.17</b> Sambungan Las pada Baseplate.....	229
<b>Gambar 7.18</b> Arah Beban Sumbu X pada Base Plate.....	231
<b>Gambar 7.19</b> Tampak Samping Sambungan Base plate dengan Kolom dan Pedestal.....	233
<b>Gambar 7.20</b> Tampak Atas Sambungan Baseplate dengan Kolom dan Pedestal.....	234
<b>Gambar 8.1</b> Letak Pondasi Kolom Yang Ditinjau .....	236
<b>Gambar 8.2</b> Posisi Tiang Pancang Kolom P1 .....	239
<b>Gambar 8.3</b> Geser Ponds Akibat Kolom.....	242
<b>Gambar 8.4</b> Geser Ponds Akibat Pancang .....	243
<b>Gambar 8.5</b> Mekanika Beban Poer Kolom Arah X .....	245
<b>Gambar 8.6</b> Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn .....	247
<b>Gambar 8.7</b> Penulangan Kolom Pedestal.....	248
<b>Gambar 8.8</b> Letak Sloof yang Ditinjau .....	249
<b>Gambar 8.9</b> Diagram Interaksi Sloof 45/70.....	250
<b>Gambar 8.10</b> Detail Sloof 450 x 700 .....	252

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Perbedaan Panjang <i>Link</i> .....	19
<b>Tabel 2.2</b> Sudut rotasi <i>Link</i> Beam.....	19
<b>Tabel 2.3</b> Jarak pengaku maksimum. ....	21
<b>Tabel 3.1</b> Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung.....	30
<b>Tabel 3.2</b> Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung .....	31
<b>Tabel 3.3</b> Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa .....	32
<b>Tabel 3.4</b> Faktor Keutamaan Gempa .....	34
<b>Tabel 3.5</b> Klasifikasi Situs.....	36
<b>Tabel 3.6</b> Koefisien Situs $F_a$ .....	37
<b>Tabel 3.7</b> Koefisien Situs $F_v$ .....	38
<b>Tabel 3.8</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan 0,2s .....	38
<b>Tabel 3.9</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan 1s .....	39
<b>Tabel 3.10</b> Koefisien Dan Faktor Desain Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	39
<b>Tabel 3.11</b> Prosedur Analisis Yang Diizinkan.....	40
<b>Tabel 3.12</b> Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan $C_t$ Dan $x$ .....	41
<b>Tabel 3.13</b> Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan.....	42
<b>Tabel 3.14</b> Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.....	47
<b>Tabel 4.1</b> Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 20 .....	82
<b>Tabel 4.2</b> Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 4-19 .....	87
<b>Tabel 4.3</b> Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai P1-P3.....	91
<b>Tabel 4.4</b> Penulangan Bondek Lantai 4-19.....	76
<b>Tabel 4.5</b> Pelat Lantai P1-P3 .....	76
<b>Tabel 4.6</b> Penulangan Bondek Lantai P1-P3 .....	78
<b>Tabel 4.7</b> Denah Pembebanan Balok Lantai 20.....	79

<b>Tabel 4.8</b> Sudut Rotasi <i>Link Beam</i> .....	20
<b>Tabel 4.9</b> <i>Detailing</i> pada <i>Link Beam</i> . ....	22
<b>Tabel 4.10</b> Penampang <i>Steel Floor Deck</i> .....	22
<b>Tabel 4.11</b> Jenis Pondasi Dangkal .....	25
<b>Tabel 4.12</b> Jenis Pondasi Dalam. ....	26
<b>Tabel 5.1</b> Rekapitulasi Berat Bangunan .....	143
<b>Tabel 5.2</b> Berat Bangunan Program ETABS.....	144
<b>Tabel 5.3</b> Nilai N untuk Penentuan jenis Tanah .....	145
<b>Tabel 5.4</b> Nilai T dan Sa .....	149
<b>Tabel 5.5</b> Rasio Partisipasi Massa .....	152
<b>Tabel 5.6</b> Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa.....	155
<b>Tabel 5.7</b> Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Dikali Faktor Skala .....	156
<b>Tabel 5.8</b> Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -X .....	157
<b>Tabel 5.9</b> Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -Y .....	158
<b>Tabel 7.1</b> Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lt. P1-P3.....	195
<b>Tabel 7.2</b> Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lt. 4-19 .....	199
<b>Tabel 7.3</b> Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lt. 20 .....	202
<b>Tabel 8.1</b> Reaksi Kolom yang terjadi pada Poer .....	236
<b>Tabel 8.2</b> Jarak Tiang Pancang Kolom P1 .....	239



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Semakin pesatnya perkembangan zaman dan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia maka diperlukan infrastruktur yang memadai, efisien dan efektif untuk memenuhi kebutuhan primer. Berbagai inovasi dalam desain bangunan bertingkat tinggi semakin berkembang di kota-kota besar. Salah satu keunggulan bangunan bertingkat tinggi yaitu dapat memiliki daya tampung yang cukup memadai namun tidak menghabiskan luas lahan yang besar. Bangunan bertingkat beresiko memiliki pergeseran atau perpindahan yang besar akibat beban gempa. Indonesia memiliki resiko gempa yang cukup tinggi karena terletak pada tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Australia-India, lempeng Eurasian dan lempeng Pasifik. Letak geografis ini menjadikan Indonesia rawan terhadap gempa vulkanik dan tektonik.

Struktur baja merupakan salah satu sistem struktur yang baik pada daerah rawan gempa karena material baja mempunyai sifat daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Secara garis besar ada tiga tipe sistem struktur baja, yaitu *Moment Resisting Frame* (MRF), *Concentrically Braced Frame* (CBF) dan *Eccentrically Braced Frame* (EBF). Sistem struktur baja tahan gempa yang umum digunakan adalah Rangka Pemikul Momen (*Momen Resisting Frame*) dimana sistem MRF mempunyai daktilitas yang baik akan tetapi struktur ini masih terlalu fleksibel (Junaedidkk, 2013).

Selain kelebihan dari sistem yang telah disebutkan diatas, material baja dipilih dalam perencanaan bangunan tahan gempa karena memiliki beberapa keunggulan dari material konstruksi lain, yaitu:

1. Kekuatan yang tinggi dari baja per satuan berat mempunyai konsekuensi bahwa beban mati akan kecil. Hal ini sangat penting untuk jembatan bentang panjang, bangunan tinggi, dan bangunan dengan kondisi tanah yang buruk.
2. Sifat-sifat baja baik sebagai bahan bangunan maupun dalam bentuk struktur dapat terkendali dengan baik sekali, sehingga para ahli dapat mengharapkan elemen-elemen dari konstruksi baja ini akan berperilaku sesuai dengan yang diperkirakan dalam perencanaan.
3. Sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar di bawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus disebut sifat daktilitas. Adanya sifat ini membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba. Sifat ini sangat menguntungkan ditinjau dari aspek keamanan penghuni bangunan bila terjadi suatu guncangan yang tiba-tiba seperti misalnya pada peristiwa gempa bumi. (Arrayan, 2012)
4. Kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan yang lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses panas menyebabkan baja mudah dibentuk sesuai penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja. (Setiawan, 2008)

Selain kelebihan yang disebutkan tersebut, material baja juga memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Kekurangan dari struktur komposit yaitu material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.

Sebagai bahan studi perencanaan, akan dilakukan modifikasi perencanaan pada struktur gedung apartement Bale hinggil yang terletak di Jl. DR. Ir. Soekarno, Surabaya jawa timur. Penggunaan beton bertulang sebagai struktur pemikul utama konstruksi gedung ini dinilai masih kurang efektif dalam pemanfaatan penampang, sehingga struktur gedung ini dilakukan modifikasi dengan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.

*Eccentrically Braced Frame (EBF)* dapat dipasang pada bermacam-macam struktur: gedung bertingkat tinggi, menara, bentangan yang panjang, dan jembatan. Tujuan utama pemasangan *Eccentrically Braced Frame* pada gedung tinggi untuk mengurangi goyangan gedung akibat angin, pada menara untuk mengurangi goyangan akibat gempa bumi dan angin, pada struktur berbentuk panjang untuk mengurangi getaran akibat lalu lintas, dan pada jembatan untuk mengurangi goyangan akibat angin atau getaran akibat lalu lintas.

*Eccentrically Braced Frame (EBF)*. EBF merupakan suatu sistem struktur rangka baja tahan gempa yang mempunyai kekakuan elastik yang sangat baik (*excellent elastic stiffness*) dibawah pembebanan lateral, mempunyai daktilitas yang bagus (*good ductility*) dibawah beban gempa besar, kemampuan menyerap energi dan konsisten tanpa terjadi pengurangan kekakuan sampai sejumlah putaran (*cycle*) yang cukup tinggi (Engelhardt dan Popov, 1989;1992).

Pada struktur kolom menggunakan struktur bangunan konstruksi *Concrete filled steel tube* menggunakan profil baja persegi. Sedangkan Balok menggunakan profil IWF yang sudah digunakan sejak awal era perkembangan struktur baja. Seiring dengan berkembangnya dan mulai ditemukannya konstruksi baja komposit penggunaan profil baja mulai beragam.

Dalam laporan tugas akhir ini akan dibahas tentang perencanaan gedung menggunakan system *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* untuk gedung 32 lantai yang akan dimodifikasi menjadi 20 lantai. Perencanaan ini diharapkan akan bermanfaat untuk menambah referensi bagi perencana yang berminat menggunakan material *Concrete steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang ditinjau dalam modifikasi “gedung perkantoran menggunakan system struktur *Concrete filled steel tube* dengan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* yaitu :

1. Bagaimana menentukan Preliminary Design perencanaan struktur gedung menggunakan *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?
2. Bagaimana menghitung pembebanan struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?
3. Bagaimana pemodelan pembebanan struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* dan analisa struktur dengan program ETABS?
4. Bagaimana kontrol struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?
5. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak dan tangga?
6. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom baja?

7. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur?
8. Bagaimana merencanakan pondasi struktur bangunan gedung?
9. Bagaimana output gambar struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*?

### 1.3 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan yang ditinjau modifikasi struktur gedung perkantoran menggunakan *Concrete filled steel tube* dengan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* antara lain:

1. Merancang Preliminary Design perencanaan struktur gedung menggunakan *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.
2. Menghitung pembebanan struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.
3. Membuat pemodelan dan analisa struktur menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* dan analisa struktur dengan program ETABS.
4. Kontrol Desain struktur gedung menggunakan metode *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*.
5. Menghitung struktur sekunder yang meliputi struktur atap, pelat lantai, balok anak dan tangga.
6. Menghitung struktur utama yang meliputi balok dan kolom.

7. Merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur.
8. Merencanakan pondasi struktur bangunan gedung.
9. Menuangkan hasil perencanaan ke dalam gambar teknik, meliputi struktur utama dan sekunder.

#### **1.4 Batasan masalah**

Pada perencanaan modifikasi ini penulis membatasi masalah meliputi :

1. Perencanaan gedung ditinjau pada segi teknik seperti: perencanaan balok anak, tangga, balok induk, kolom dan untuk analisa struktur menggunakan program ETABS.
2. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi.
3. Desain struktur baja berdasarkan pada SNI 1729-2015.
4. Desain struktur beton berdasarkan pada SNI 2847-2013
5. Pembebanan dihitung berdasarkan SNI 1727-2013, PPIUG 1987
6. Perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012

#### **1.5 Manfaat Penulisan**

Manfaat yang bisa di dapatkan dari modifikasi ini adalah :

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan terhadap dunia teknik sipil dalam penggunaan *Concrete filled steel tube* dan *Eccentrically Bracing Frames (EBF)* pada struktur bangunan baja yang mengalami beban gempa.
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus di perhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa dihindari.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Pada masa ini struktur baja komposit semakin banyak dijumpai dan dipakai dalam rekayasa struktur. Pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh besi tulangan tapi pada baja komposit gaya gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh profil baja. Struktur baja komposit ternyata lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pemikul beban, kekakuan, penghematan berat baja, dan panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar (Salmon dan Johnson 1996).

#### **2.2 Kolom *Concrete Filled Steel Tube***

##### **2.2.1 Pengertian Kolom *Concrete Filled Steel Tube***

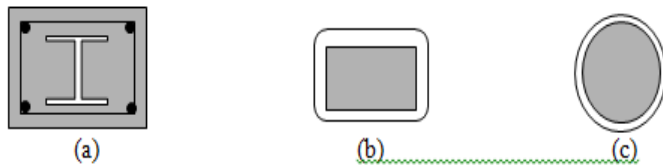
Kolom *concrete Filled Steel Tube* (CFT) merupakan kolom dengan tabung baja berintikan beton. Kolom CFT tidak hanya meningkatkan kekuatan tapi juga nilai ekonomis pelaksanaan yang lebih cepat (Zeghichea dan Chaoui 2005). Saat ini kolom tabung baja berintikan beton (CFT) semakin banyak digunakan dalam konstruksi bangunan karena memiliki sifat statis dan tahan gempa yang sangat baik seperti kekuatan tinggi, daktilitas tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, kekakuan lentur, dan lain-lain. (Darshika, 2014).

##### **2.2.2 Tipe Kolom *Concrete Filled Steel Tube***

Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (*rolled*) built-up dan dicor didalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Ada dua tipe komposit yaitu:

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja terbungkus beton/balok baja terbungkus beton (Gambar 1.a).(Thusada, 2013)
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton), (Gambar 1.b/c).(Thusada, 2013)



**Gambar 2.1** *Macam-macam Struktur Komposit*  
(Sumber : Thusada, 2013)

### 2.2.3 Kelebihan Kolom *Concrete Filled Steel Tube*

Kolom CFT mempunyai beberapa keuntungan dari pada baja dan beton yang dipisah, berikut merupakan keuntungan utamanya:

1. Interaksi antara pipa baja dan beton (Morino et al, 2001):
  - a. Peristiwa tekuk lokal dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk lokal akan ditahan oleh beton.
  - b. Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
  - c. Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
2. Penampang (Morino et al, 2001):



- a. Rasio baja CFT jauh lebih banyak dari beton bertulang.
- b. Baja dari penampang *CFT* berperilaku plastis dengan baik saat tertekuk karena baja di penampang luar
- 3. Efisiensi Konstruksi (Morino et al, 2001):
  - a. Tidak memerlukan tulangan dan bekisting sehingga tidak memerlukan banyak tenaga manusia dan menghemat biaya konstruksi.
  - b. Tempat konstruksi tetap terjaga bersih.
- 4. Tahan Kebakaran (Morino et al, 2001):
  - a. Beton meningkatkan performa anti kebakaran yang dapat mengurangi jumlah bahan tahan api.

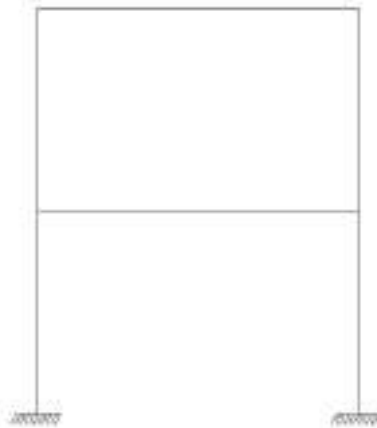
## 2.3 Struktur Rangka Baja Tahan Gempa

Terdapat beberapa jenis portal baja tahan gempa, secara umum terdapat dua jenis portal baja tahan gempa yaitu *Braced Frames* dan *Moment Resisting Frames*. Masing- masing jenis ini memiliki karakteristik yang berbeda.

### 2.3.1 *Moment Resisting Frames (MRF)*

Sistem rangka pemikul momen mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi memerlukan adanya simpangan antar lantai yang cukup besar supaya timbul sendi- sendi plastis pada balok yang akan berfungsi untuk menyerap energi gempa. Pada sistem MRF, sambungan antara balok ke kolom harus didesain cukup kuat untuk memperkuat kekuatan balok dan mengurangi resiko *brittle* pada sambungan balok kolom. Dengan rentang balok yang cukup lebar (tanpa pengaku), sistem MRF dapat memberikan deformasi yang cukup besar dibandingkan dengan jenis portal baja tahan gempa lainnya. Tetapi sistem MRF memberikan simpangan yang terjadi begitu besar sehingga akan

menyebabkan struktur menjadi tidak kaku yang berakibat kerusakan non struktural yang besar sehingga membuat bertambahnya pengaruh  $P-\Delta$  terutama pada bangunan yang tinggi. Dengan demikian, jika dibandingkan dengan struktur portal baja jenis lainnya, sistem struktur ini memiliki ukuran elemen struktur yang jauh lebih besar untuk menjaga deformasi strukturnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1



**Gambar 2.2** *Momen Resisting Frames*  
(Sumber: Bruneau, 1998)

Berdasarkan daktilitasnya, MRF terbagi dalam 2 kategori, yaitu *Special Moment Resisting Frames* atau sistem rangka batang pemikul momen khusus (SRBPMK) dan *Ordinary Moment Resisting Frames* atau sistem pemikul momen biasa (SRPMB)

1 Sistem rangka batang pemikul momen khusus (SRPMK)

SRPMK adalah suatu struktur rangka batang pemikul moment yang dipasang secara horizontal. SRPMK didesain memiliki daktilitas yang tinggi dan pada sistem ini ada suatu segmen khusus yang terdiri dari beberapa panel dengan batang-batangnya direncanakan mengalami deformasi inelastik yang cukup besar pada segmen khusus

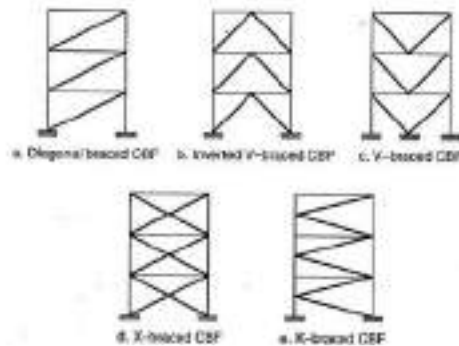
saat memikul gaya- gaya akibat beban gempa rencana. Deformasi inelastik akan meningkatkan damping dan mengurangi kekakuan (*stiffness*) dari struktur.

2 Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB)

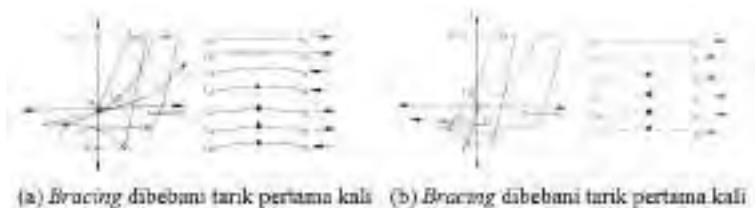
SRPMB dapat mengalami deformasi inelastis yang terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana. Pada SRPMB kekakuan (*stiffness*) lebih besar dibandingkan SRBPMK sehingga daktilitasnya lebih kecil.

### 2.3.2 *Concentrically Braced Frames (CBF)*

Tidak seperti *Momen Resistent Frames* (MRF), concentrically braced frames (CBF) adalah sistem penahan gaya lateral dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi. Kekakuan yang tinggi diperoleh dari diagonal *brace* yang menahan gaya lateral pada struktur frame yang meningkatkan aksi gaya dalam aksial dan aksi lentur yang kecil. Perilaku tipikal dari bracing terhadap beban bolak-balik (*cyclic*) saat pertama kali dibebani dengan tarik dan tekan dapat dilihat pada Gambar 2.4(a) dan Gambar 2.4(b).  $C_r$  dan  $C_r'$  adalah masing-masing kapasitas tekuk pertama kali dan kapasitas tekuk setelah tekuk yang pertama kali. Rangka bracing pada umumnya dianalisa dan didesain dengan mengabaikan momen pada sistem tersebut (AISC,2005). Pada sistem ini elemen bracing diharapkan mampu berdeformasi inelastik yang besar tanpa terjadi kehilangan yang signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur.



**Gambar 2.3** Konfigurasi Sistem CBF  
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)



**Gambar 2.4** Perilaku Konfigurasi Sistem CBF  
(Sumber: Bruneau, 1998)

Distribusi beban lateral pada bidang bracing, batang-batang bracing harus dipasang dengan arah gaya lateral yang sejajar pada bidang bracing, minimal 25% tapi tidak lebih dari 75% gaya horizontal total harus dipikul oleh batang bracing tarik, kecuali jika kuat nominal tekan  $N_n$  untuk setiap batang bracing lebih besar daripada beban berfaktor  $N_u$  (SNI 1726-2012).

Kategori struktur pada sistem struktur CBF dibagi menjadi dua, yaitu Sistem Rangka Bracing Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Bracing Konsentrik Khusus (SRBKK).

#### 1 Sistem Rangka Bracing Konsentrik Biasa (SRBKB)

Pada sistem SRBKB ini struktur dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas apabila dibebani oleh gaya- gaya yang berasal dari gempa rencana.

## 2 Sistem Rangka Bressing Konsentrik Khusus (SRBKK)

Pada sistem SRBKK struktur dapat berdeformasi inelastik cukup besar yang diakibatkan gaya gempa rencana. Sistem SRBKK memiliki daktilitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan SRBKB, hal ini dikarenakan deformasi pada SRBKK lebih besar dari deformasi pada SRBKB dan penurunan kekuatan pada SRBKK lebih kecil pada saat terjadi tekuk pada bressing.

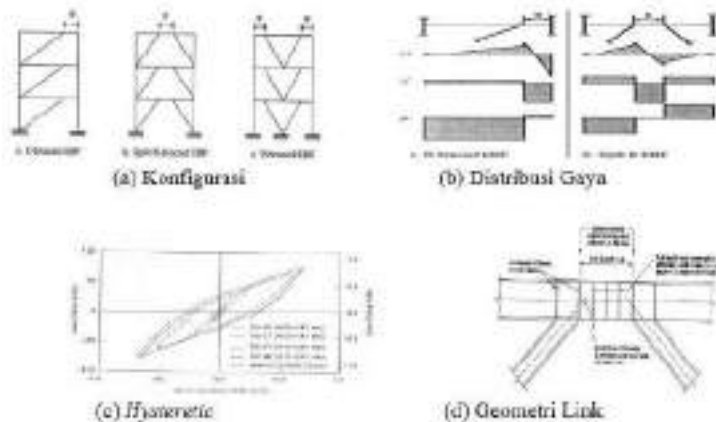
Jadi secara umum, sistem struktur CBF memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur MRF karena adanya elemen bressing pada struktur. Namun demikian, kekakuan yang besar pada CBF mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF lebih rendah jika dibanding dengan sistem struktur MRF.

### 2.3.3 *Eccentrically Braced Frames (EBF)*

Sistem struktur EBF merupakan struktur baja penahan gaya lateral yang merupakan gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Moment-Resisting Frames* (MRF) dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF). EBF mengkombinasikan banyak keuntungan individu dari sistem kerangka konvensional, secara spesifik, EBF memiliki elastisitas tinggi, respons inelastis stabil pada muatan lateral siklis, daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar (*Bruneau, 1998*).

Konsep desain EBF adalah sederhana: membatasi aksi inelastis pada *link*, dan mendesain kerangka di sekitar *link* untuk mempertahankan tegangan maksimum yang dapat diberikan oleh *link*. Desain dengan menggunakan strategi ini harus memastikan

bahwa *link* bertindak sebagai sekering seismik *ductile* dan melindungi integritas dari kerangka seismik di sekitarnya (lihat Gambar 2.5(b)). Pada pembebanan *cyclic*, terlihat kurva *hysteresis* sistem EBF stabil dan melingkar dengan baik, indikatif dari banyak disipasi energi (lihat Gambar 2.5(c)). Sehingga yang menjadi konsep utama dalam struktur EBF adalah elemen link ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelelahan yang terjadi pada elemen link dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov ,1989;1992).



**Gambar 2.5** *Eccentrically Braced Frames (EBF)*

(Sumber: Seminar Nasional VI 2010 Teknik Sipil ITS, 2010)

*Link beam* merupakan elemen struktur yang direncanakan untuk berperilaku inelastis serta mampu untuk berdeformasi plastis yang besar pada saat terjadi beban lateral. Bagian *link* berfungsi untuk menyerap energi pada saat beban lateral (gempa). Mekanisme leleh pada elemen *link* terdiri dari 2 mekanisme leleh, yaitu kelelahan geser dan kelelahan lentur, tergantung dari panjang

*link* ( $e$ ) yang digunakan. Pada sistem struktur EBF, kekakuan lateral merupakan fungsi dari perbandingan antara panjang *link* ( $e$ ) dengan panjang elemen balok ( $L$ ). Jika panjang elemen *link* lebih pendek, maka struktur portal menjadi lebih kaku mendekati kekakuan struktur CBF dan jika panjang *link* lebih panjang, maka kekakuan struktur portal EBF mendekati kekakuan struktur *Momen Resisting Frames* (MRF). Pada struktur EBF, elemen struktur diluar *link* direncanakan untuk berperilaku elastis sedangkan bagian *link* direncanakan untuk dapat berdeformasi inelastis pada saat terjadi beban lateral (gempa).

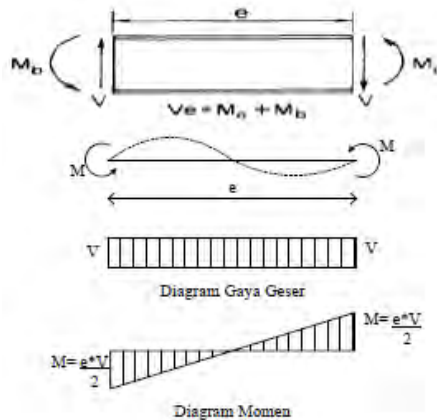
Meskipun sistem EBF bukan merupakan konsep yang baru, aplikasi sistem ini pada sistem konstruksi tahan gempa sangat dapat diterima. Ketahanan *bressing* eksentrik pada konstruksi tahan gempa sangat tergantung pada kestabilan sistem struktur dan sifat inelastik dibawah beban *cyclic* lateral. Pada desain struktur EBF yang baik, aktifitas inelastik dibawah beban siklik dibatasi terutama hanya terjadi pada elemen *link* yang didesain untuk dapat mengalami deformasi inelastik yang besar tanpa kehilangan kekuatan. Pada struktur EBF ini, elemen- elemen struktur diluar *link* (balok, kolom dan *bressing*) didesain berdasarkan kapasitas *link*. Dengan membuat elemen *link* lebih lemah dari elemen struktur lainnya, kehancuran daktail diharapkan terjadi pada elemen *link* dan mengantisipasi agar elemen-elemen diluar *link* mengalami kehancuran non daktail, seperti *buckling* pada elemen *bressing*.

## **2.3.4 Perilaku Link Beam**

### **2.3.4.1 Kuat Elemen *Link Beam***

*Link beam* adalah elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada saat bekerjanya beban lateral pada struktur. Pada bagian *link* ini bekerja gaya geser (*shear*) pada

kedua ujung *link* dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. Gaya geser yang bekerja tersebut mengakibatkan momen pada kedua ujung *link* dengan besar dan arah yang sama.



**Gambar 2.6** Gaya Yang Bekerja Pada *Link*  
 (Sumber: Engelhart dan Popov, 1988; Becker dan M. Isler, 1996)

Mekanisme leleh yang terjadi pada elemen *link* ditentukan oleh gaya geser dan lentur yang terjadi pada *link*. Apabila *link* mengalami mengalami leleh karena lentur, *link* tersebut berupa lentur, hal ini dipengaruhi oleh panjang *link*. Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen *link* ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (2.1)$$

$$V_p = 0,6 F_y (h - 2t_f) \cdot t_w \quad (2.2)$$

Keterangan:

$M_p$  = Momen plastis penampang

$Z_x$  = Modulus plastis penampang

$f_y$  = Tegangan leleh penampang

$V_p$  = Gaya geser plastis penampang



$h$  = Tinggi penampang

$t_f$  = Tebal *flens*

$t_w$  = Tebal *web*

Kuat geser rencana link,  $\phi V_n$  harus lebih besar daripada  $V_u$  dengan:

$V_n$  = Kuat geser nominal *link*, diambil yang terkecil diantara  $V_p$  atau  $2M_p/e$

$\phi_v$  = Faktor reduksi geser 0,9

$e$  = Panjang *link*

$$\phi_v V_n = 0,6\phi F_y (h - 2t_f) \cdot t_w \quad (2.3)$$

$$M_n = M_p \quad (2.4)$$

$$\phi M_n = \phi M_u \quad (2.5)$$

$$\phi V_n = V_u \quad (2.6)$$

Keterangan:

$M_n$  = Momen lentur rencana link

$M_u$  = Momen lentur perlu

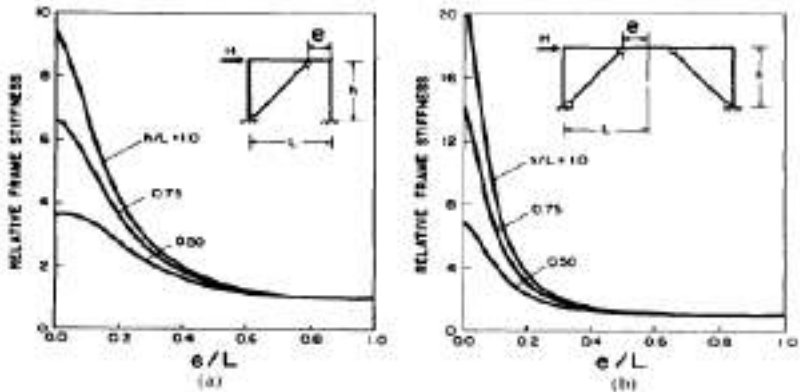
$\phi$  = faktor reduksi lentur 0,9

#### 2.3.4.2 Panjang Elemen *Link Beam*

*Link beam* bekerja sebagai sekering gempa yang bersifat daktail, menyerap energi gempa yang masuk kedalam bangunan. Panjang dari elemen *link* akan menentukan mekanisme leleh dan kegagalan *ultimate* yang terjadi pada elemen *link*.

Secara umum terdapat 2 jenis *link* berdasarkan panjang *link*nya, yaitu *link* geser (*short link*) dan *link* lentur (*long link*). *Link* geser mengalami leleh disebabkan oleh gaya geser sedangkan *link* lentur mengalami leleh karena momen lentur. Panjang dari elemen *link* merupakan faktor penting untuk menentukan perilaku inelastik elemen *link*, panjang *link* berfungsi untuk mengontrol mekanisme

leleh yang terjadi pada *link*. Pada *link* geser, gaya geser yang mencapai keadaan plastis ( $V_p$ ) terlebih dahulu sebelum momen lentur mencapai kapasitas momen plastisnya dan *link* mengalami leleh dalam geser. Sebaliknya, pada *link* lentur, momen plastis ( $M_p$ ) tercapai terlebih dahulu sebelum kelelahan geser terjadi.



**Gambar 2.7** Kekakuan Elastik terhadap variasi  $e/L$  pada dua konfigurasi EBF

(Sumber : Engelhart dan Popov, 1998)

Berdasarkan gambar di atas bahwa nilai rasio  $e/L = 0$ , memiliki nilai kekakuan yang tinggi dan ini sesuai dengan konsep CBF. Sedangkan untuk nilai  $e/L = 1$  maka nilai kekakuannya semakin rendah dan ini sesuai dengan konsep MRF.

Untuk itu perlu batasan panjang link agar kekuan dan deformasi inelastik link tidak berlebihan. Berikut adalah tabel klasifikasi perbedaan panjang link berdasarkan AISC :

**Tabel 2.1** Perbedaan Panjang Link

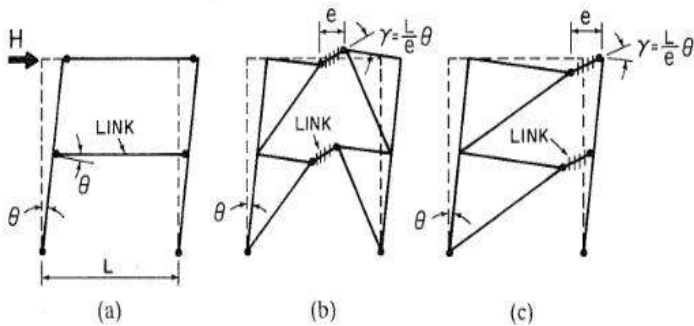
no	Panjang Link	Jenis Link	Keterangan
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	Kelelahan pada jenis ini didominasi oleh geser
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	kelelahan pada link merupakan kombinasi antara geser dan lentur
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	kelelahan pada link merupakan kombinasi antara geser dan lentur
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni	Kelelahan pada jenis ini didominasi oleh lentur

### 2.3.4.3 Sudut Rotasi *Link Beam*

Sudut rotasi link beam adalah sudut inelastis antara *link beam* dan balok di samping *link* ketika besarnya total *story drift* sama dengan besarnya desain *story drift*,  $\Delta$ . Sudut rotasi *link beam* seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

**Tabel 2.2** Sudut rotasi link Beam

No	Panjang Link	Jenis Link	Rotasi
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	0.08 radian
			< 0.02 radian
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	Interpolasi antara 0.08 sampai 0.02
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	0.02 radian
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni	



**Gambar 2.8** Sudut Rotasi *Link Beam*  
(Sumber: Engelhart dan Popov, 1988)

Secara umum, sudut rotasi link beam dapat menggunakan persamaan :

$$\gamma_p = \frac{L}{e} \cdot \theta_p \quad (2.7)$$

Keterangan:

L = Lebar bentang

h = Tinggi lantai

$\Delta_p$  = Plastic story drift

$\Theta_p$  = Plastic story drift angle, radians ( $\Delta_p/h$ )

$\gamma_p$  = Sudut rotasi *link beam*

#### 2.3.4.4 Pendetailan *Link Beam*

Pendetailan pada *web link beam* yaitu berupa pemberian *web stiffeners* dapat memberikan perilaku *link beam* yang stabil, daktail serta terkontrol dibawah pembebanan *cyclic* (gempa). *Full depth stiffeners* dibutuhkan pada kedua ujung *link* untuk mentransfer gaya

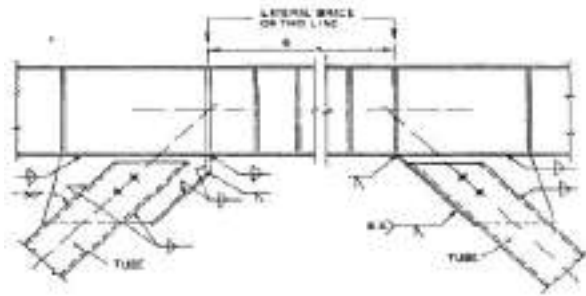
geser pada elemen penahan, sehingga membutuhkan pengaku *web* untuk mencegah terjadinya tekuk (*buckling*). Dan *full depth stiffeners* juga dibutuhkan ditengah-tengah *link* (*link intermediate web*) agar efektif dalam menahan tekuk geser pada *web link* dan dalam membatasi pengurangan kekuatan (*strength degradation*) akibat adanya *flange local buckling* dan lateral torsional *buckling*. Pengaku disambungkan ke *link web* dan *link flanges* dengan cara di las (*fillet welded*).

Adapun ketentuan jarak dan tebal *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam* antara lain:

**Tabel 2.3** Jarak pengaku maksimum

No	Panjang Link	Jenis Link	Rotasi	Jarak Pengaku Maximum
1	$e \leq 1,6 M_p/V_p$	Geser Murni	0.08	$30.t_w - d/5$
			$< 0.02$	$52.t_w - d/5$
2	$1,6 M_p/V_p \leq e \leq 2,6 M_p/V_p$	Dominan geser	Interpolasi antara 0.08 sampai 0.02	
3	$2,6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$	Dominan Lentur	0.02	1,5 bf dari tiap ujung link
4	$e \geq 5 M_p/V_p$	Lentur Murni		Tidak memerlukan pengaku antara

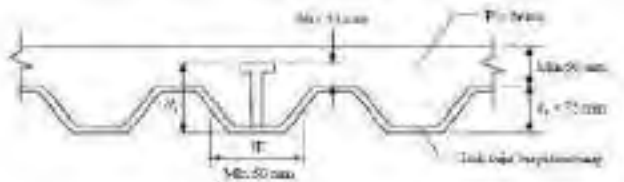
Untuk ketebalan *web stiffeners* pada ujung dan tengah *link beam*, yaitu *intermediate web stiffeners* harus *full depth* untuk tinggi penampakan *link* yang kurang dari 25 inch (635 mm), maka pengaku hanya diperlukan pada satu sisi saja (sisi depan) pada *link web*. Ketebalan pengaku pada satu sisi tersebut tidak boleh kurang dari  $t_w$  atau 3/8 inch (10 mm) dan lebarnya tidak kurang dari  $b_f/2 - t_w$



**Gambar 2.9** Detailing pada Link Beam  
(Sumber: Engelhart, Kasai dan Popov, 1986)

## 2.4 Steel Floor Deck

*Steel Floor Deck* yaitu suatu material yang bisa difungsikan sebagai media pengganti konvensional berbentuk papan lembar yang terbuat dari bahan baja galvanis berkekuatan tinggi. Biasanya *steel floor deck* dipakai sebagai pengganti bekisting dalam proses pembuatan lantai atau atap dari beton dan juga berfungsi sebagai penulangan positif satu arah. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari gelombang dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penopangnya.



**Gambar 2.10** Penampang Steel Floor Deck  
(Sumber: SNI 1729-2015)

## 2.5 Sambungan

Sambungan merupakan sesuatu hal yang tidak dapat dihindarkan dalam perencanaan struktur baja. Hal ini dikarenakan bentuk struktur bangunan yang begitu kompleks. Contoh yang dapat kita jumpai di struktur bangunan adalah sambungan antara kolom dan balok. Kegagalan dalam sambungan tersebut dapat mengakibatkan perubahan fungsi struktur bangunan tersebut, dan yang paling berbahaya adalah keruntuhan pada struktur tersebut. Sehingga untuk mencegah hal tersebut maka kekakuan sambungan antara balok dan kolom tersebut harus baik.

Sambungan berdasarkan atas kemampuan tahanan terhadap perputaran yang dibagi 2 type yaitu:

1. *Type Fully Restrained* (FR) yaitu penahan penuh atau *rigid*/ kaku mempunyai tahanan yang kaku dan tidak dapat berputar
2. *Type partially Restrained* (PR) yaitu penahanan tidak penuh, tidak cukup *rigid* untuk mempertahankan sudut akibat beban.

Pada kenyataannya bahwa tidak ada sambungan yang benar - benar kaku / *rigid* sempurna atau *flexible* sempurna. Sehingga sambungan dapat diklasifikasikan:

1. *Simple connection* (sambungan sendi)
  - Sambungan dapat memberikan perputaran pada ujung balok secara bebas
  - Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap elemen struktur yang disambung
  - Detail sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang cukup
  - Dapat memikul gaya reaksi yang bekerja
2. *Semi- rigid connetion* (antara *simple* dan *rigid*)

- Sambungan tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara elemen yang disambung
- Dianggap mempunyai kapasitas yang cukup untuk memberikan tahanan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut tersebut
- Tingkat kapasitas tersebut terhadap beban yang bekerja ditetapkan berdasarkan percobaan

### 3. *Rigid Connection*

- Sambungan dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut diantara elemen-elemen yang disambung.

## 2.6 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban diatasnya..

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

#### 1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*)

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan



permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

a. Pondasi telapak

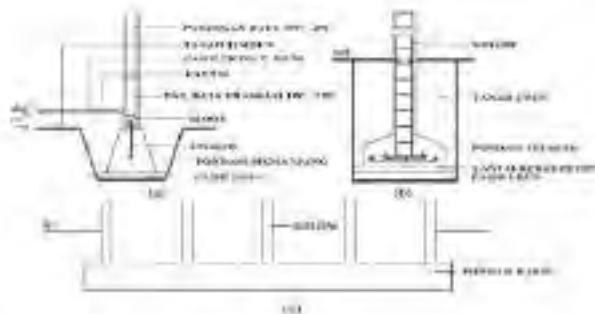
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.11b)

b. Pondasi memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.11a)

c. Pondasi rakit (raft foundation)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.11c)



**Gambar 2.11** Jenis Pondasi Dangkal  
(Sumber: Sostrodarsono dan Nakazawa.1984)

## 2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

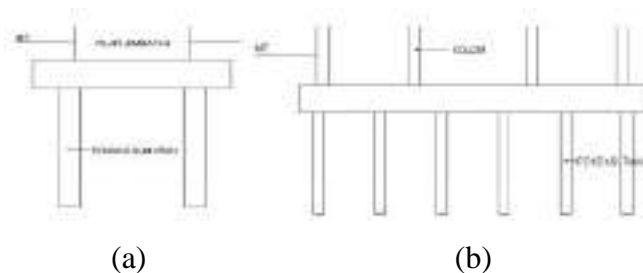
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

### a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebar ( $B$ ) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$ . (Gambar 2.12a)

### b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.12b)



**Gambar 2.12** Jenis Pondasi Dalam

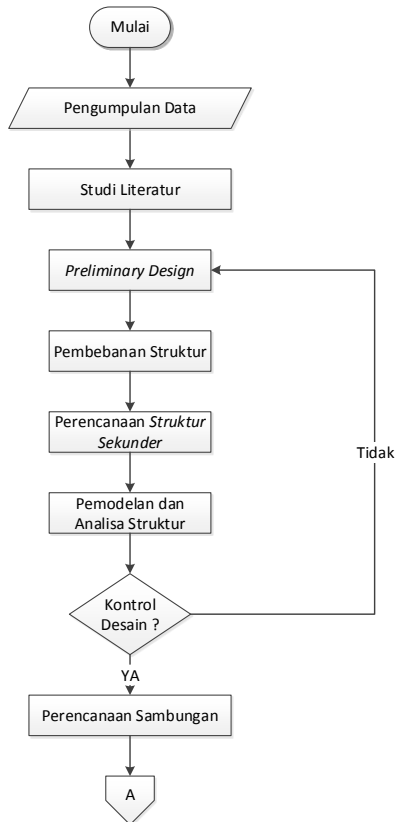
(Sumber: Suyono Sostrodarsono, Kazuo Nakazawa.1984)

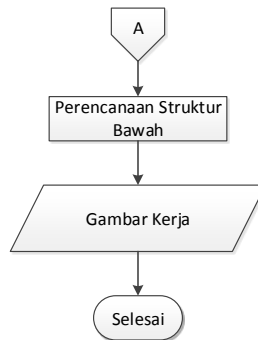
## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Diagram Alur Perencanaan

Metodologi ini akan menguraikan serta menjelaskan secara rinci penyelesaian perencanaan struktur struktur baja dengan metode *Concrete Filled Steel Tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)*. Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian perencanaan ini dituangkan dalam diagram alir sebagai berikut :





**Gambar 3.1** *Flowchart* Perencanaan

## 3.2 Uraian Metodologi

### 3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan informasi bangunan yang akan dimodifikasi adalah sebagai berikut:

#### 1. Data Umum Bangunan

- Nama Gedung : Bale Hinggil Apartment
- Lokasi : Surabaya
- Fungsi : apartement
- Jumlah Lantai : 32 Lantai
- Tinggi Bangunan : 107 m
- Zona Gempa : Area Surabaya
- Struktur Utama : Beton Bertulang

#### 2. Data Perencanaan Modifikasi

Perencanaan bangunan yang akan dimodifikasi adalah sebagai berikut:

- Nama Gedung : Bale Hinggil Apartment
- Lokasi Rencana : Surabaya
- Fungsi : apartement
- Struktur Utama : Steel Beam dan Kolom  
*Concrete Filled Steel Tube*
- Sistem Struktur : *Eccentrically Braced Frame*

- Tipe Bracing : *Inverted V*
- Jumlah Lantai : 20 Lantai
- Tinggi Gedung : 73,55 m
- Faktor R : 8 (SRPMK)
- Jenis Pondasi : Tiang Pancang
- Data tanah : Data tanah yang digunakan berdasarkan nilai SPT, dipakai untuk merencanakan pondasi.

### 3.2.2 Studi Literatur

Melakukan studi referensi berupa buku pustaka, diktat pelajaran, penelitian terdahulu, jurnal konstruksi baja serta peraturan mengenai perencanaan struktur gedung dengan *Concrete Filled Steel Tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* yaitu :

- a. SNI 1727-2013  
“*Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*”.
- b. PPURG 1987 Peraturan Pembebanan Untuk Gedung
- c. SNI 1726-2012  
“*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*”.
- d. SNI 1729-2002  
“*Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural*”.
- e. SNI 2847-2013  
“*Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*”.

### 3.2.3 Preliminary Desain

Pada tahap *preliminary Desain* dilakukan perkiraan dimensi awal dari elemen elemen struktur pada gedung, penentuan bahan, dan material struktur, serta merencanakan *Concrete Filled Steel Tube* dan *Eccentrically Braced Frame (EBF)* yang akan direncanakan.

Profil Kolom	: Profil Steel Tube (BJ 41)
	: $f_y = 250 \text{ Mpa}$ ; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
Profil Balok	: Profil WF (BJ 41)
	: $f_y = 250 \text{ Mpa}$ ; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
Profil Bracing	: Profil WF (BJ 41)
	: $f_y = 250 \text{ Mpa}$ ; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
Link	: Profil WF (BJ 41)
	: $f_y = 250 \text{ Mpa}$ ; $f_u = 410 \text{ Mpa}$

### 3.2.4 Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan pada pada struktur yang dihitung berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung PPIUG 1987, SNI 03-1727-2013. Pembebanan yang digunakan antara lain :

#### 1. Beban Mati

Berat seluruh material elemen struktur pembangun gedung dan perlengkapan permanen di dalam gedung berdasarkan PPIUG 1987 dan SNI 1727-2013.

**Tabel 3.1** Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung

Nama bahan bangunan dan komponen gedung	Berat sendiri
Bahan bangunan	
Baja	$7850 \text{ kg/m}^3$
Beton	$2200 \text{ kg/m}^3$
Beton bertulang	$2400 \text{ kg/m}^3$
Komponen gedung	
Adukan per cm tebal dari semen	$21 \text{ kg/m}^2$
Aspal, per cm tebal	$14 \text{ kg/m}^2$
Dinding setengah bata	$250 \text{ kg/m}^2$
Plafond	$11 \text{ kg/m}^2$
Penggantung langit – langit	$7 \text{ kg/m}^2$
Penutup lantai tanpa adukan per cm tebal	$24 \text{ kg/m}^2$

(Sumber: PPURG 1987)

## 2. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam. Beban hidup akan di input kedalam struktur berupa beban tributary yang langsung didistribusikan melalui balok yang berdasarkan PPURG 1987 dan SNI 1727-2013.

**Tabel 3.2** Beban Hidup Pada Lantai Bangunan Gedung

No	Keterangan	Beban hidup (kg/m <sup>2</sup> )
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal	200
b.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, atau bengkel.	125
c.	Lantai ruang olah raga, perpustakaan, ruang arsip pabrik, bengkel, gudang, toko buku, toko besi, dan ruang mesin	400

(Sumber: PPURG 1987)

## 3. Beban Angin

Analisa beban angin pada gedung ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 27.2-1, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain (Tabel 1.5-1).
- Menentukan faktor kepentingan (Tabel 1.5-2).
- Kecepatan angin dasar ( $V$ ), pasal 26.5.1
- Menentukan faktor arah angin ( $K_d$ ), pasal 26.7.
- Menentukan kategori eksposur Menentukan faktor topografi ( $K_{zt}$ ), pasal 26.8.2 dan persamaan 26.8-1.
- Faktor efek tiupan angin ( $G$ ), pasal 26.9.

- g. Menentukan koefisien tekanan internal ( $GC_{pi}$ ), pasal 26.11
  - h. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas ( $K_{zt}$ ), pasal 27.3.1.
  - i. Menentukan tekanan velositas ( $q_z$ ), pasal 27.3.2.
  - j. Menentukan koefien tekanan eksternal ( $C_p$ ), pasal 27.4.1.
  - k. Menghitung tekanan angin ( $p$ ), persamaan 27.4-1.
4. Beban Gempa (SNI-1726-2012).  
Dihitung berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yakni SNI-1726-2012. Langkah-langkah dalam menentukan beban gempa yaitu sebagai berikut:
- a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)

**Tabel 3.3** Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemafaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> </ul>	II



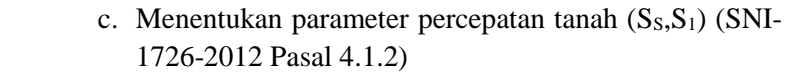
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ Rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ Mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang</p>	<p>III</p>

berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

- b. Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)

**Tabel 3.4** Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50



d. Menentukan klasifikasi situs (SA-SF) ( SNI-1726-2012  
Pasal 5.3)

**Tabel 3.5** Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (Kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15-50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, - Lempung sangat senditif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

- e. Menentukan faktor koefisien situs ( $F_a$ ,  $F_v$ ) (SNI-1726-2012 Pasal 6.2)

Faktor amplifikasi meliputi faktor implikasi getran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait ( $f_v$ ). Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) ditentukan dengan perumusan :

$$\text{SMS} = F_a S_s \quad (3.1)$$

$$\text{SM1} = F_v S_1 \quad (3.2)$$

Keterangan :

$S_s$  : parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek

$S_1$  : parameter respons spectral percepatan gempa MCER

terpetakan untuk perioda 1,0 detik

**Tabel 3.6** Koefisien Situs  $F_a$  (SNI 1726 - 2012)

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				
Catatan :					
a. Untuk nilai-nilai antara $S_s$ dapat dilakukan interpolasi linier					
b. $S_s$ = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik. Lihat <b>Pasal 6.9.1</b>					

**Tabel 3.7** Koefisien Situs  $F_v$  (SNI 1726-2012)

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ pada periode 1detik, $S_I$				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				
a. Untuk nilai-nilai antara $S_I$ dapat dilakukan interpolasi linier					
b. $S_I$ = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik. Lihat <b>Pasal 6.9.1</b>					

- f. Parameter percepatan desain spektral Persamaan (3.1) dan (3.2) (SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 dan pasal 6.3).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.2)$$

dengan :

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.3)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.4)$$

- g. Kategori desain seismik (SNI-1726-2012 Pasal 6.5)

**Tabel 3.8** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 1726-2012)

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 3.9** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1s (SNI 1726-2012)

Nilai $S_{DI}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

- h. Faktor Koefisien modifikasi respons (R), Faktor pembesaran defleksi (Cd ) dan Faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI-1726-2012 Pasal 7.2.2)

**Tabel 3.10** Koefisien Dan Faktor Desain Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726-2012)

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi, $R$	Faktor Kuat Lebih, $\Omega_0$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem Ganda Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25% Gaya Gempa Yang Ditetapkan								
1. Rangka Baja dengan bresing eksentris	8	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka Baja dengan bresing konsentris khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka Baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka Baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TB	TB	TB

Catatan : TB = tidak dibatasi; TI = tidak diizinkan

- i. Menentukan Gaya lateral Kosep SNI-1726-2012 memberikan petunjuk untuk tiga analisis, yaitu :
- Analisis gaya lateral equivalent (GLE atau ELF)
  - Analisis Super posisi Ragam (MSA)
  - Analisis Riwayat Waktu (RHA)

**Tabel 3.11** Prosedur Analisis Yang Diizinkan (SNI-1726-2012)

Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	Analisis Spektrum Respons	Prosedur Riwayat Respons
B,C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II, dengan tinggi tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangkaringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_a$ , dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan.	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_a$ dan hanya mempunyai ketidak beraturan horizontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 atau ketidakberaturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b.	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I
Catatan : I : Diizinkan, TI : Tidak Diizinkan				



j. Melakukan analisis statik ekuivalen

1. Analisa Periode fundamental perkiraan,  $T_a$ , dengan Persamaan (3.5) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.2.1).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.5)$$

Keterangan :

$C_t$ , dan  $x$  = koefisien parameter waktu getar perkiraan  
(Tabel 3.12)

$h_n$  = tinggi struktur

Dalam tugas akhir menggunakan yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis modal respon spektrum.

**Tabel 3.12** Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan  $C_t$  Dan  $x$   
(SNI-1726-2012)

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dengan rangka menahan 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangak baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

2. Menentukan batas periode struktur dengan Persamaan (3.6).

$$T \leq C_u \times T_a \quad (3.6)$$

Keterangan :

$T_a$  = periode fundamental perkiraan

$C_u$  = koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan (Tabel 3.13)

**Tabel 3.13** Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan (SNI-1726-2012)

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1 s, $S_{DI}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

3. Menghitung koefisien respon seismik dengan Persamaan (3.7) (SNI-1726-2012 Pasal 7.8.1.1).

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left( \frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.7)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = parameter akselerasi desain spektral periode pendek

$R$  = koefisien modifikasi respon

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

nilai  $C_s$  di atas tidak perlu melebihi nilai Persamaan :

$$C_s = \frac{S_{DI}}{T \left( \frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.8)$$

Dan nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari nilai Persamaan :

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (3.9)$$

Untuk struktur dengan lokasi di mana  $S_1 \geq 0,6$  g, nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari nilai Persamaan :

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.10)$$

Keterangan :

$S_{DI}$  = parameter percepatan desain spektral periode 1s

$T$  = periode fundamental struktur

$S_I$  = parameter percepatan desain spektral maksimum

4. Menghitung gaya geser dasar seismik dengan Persamaan (3.11) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.1).

$$V = C_s W \quad (3.11)$$

Keterangan :

$C_s$  = koefisien respon seismik

$W$  = berat efektif seismik

5. Menghitung distribusi vertikal gaya gempa dengan Persamaan (3-12) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.3)

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.12)$$

dengan :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.13)$$

Keterangan :

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$w_i$  dan  $w_x$  = bagian dari berat total seismik efektif struktur

(W) yang ditempatkan pada tingkat i atau x  
 $h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar ke tingkat i atau x  
 $k$  = eksponen yang terkait dengan periode  
 struktur yang nilainya sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode  $\leq 0,5$  s,  $k=1$
- untuk struktur dengan periode  $\geq 2,5$  s,  $k=2$
- untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s,  $k=2$  atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2

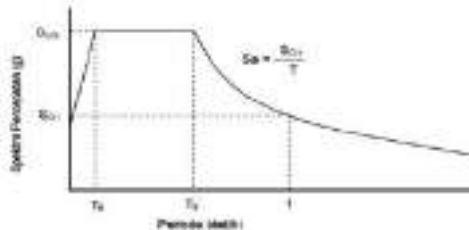
6. Menghitung distribusi horizontal gaya di tiap lantai dengan persamaan (3.14) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.4)

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.14)$$

Keterangan :

$F_i$  = bagian dari gaya geser dasar seismik yang terjadi pada tingkat i

- k. Melakukan analisis modal respon spektrum  
 Analisis respon spektrum dilakukan menggambar grafik respon spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum  
 (Sumber : SNI 1726-2012)

Pada periode  $T < T_0$ , respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.15)$$

Pada periode  $T_0 \leq T \leq T_s$ , respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \quad (3.16)$$

Pada  $T > T_s$ , respon spektra percepatan :

$$S_a = \frac{S_{DI}}{T} \quad (3.17)$$

Dengan :

$$T_0 = \frac{0,2 S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.18)$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.19)$$

5. Pembebanan sesuai dengan SNI 1727-2013, dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:
  - a. 1,4D
  - b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
  - c. 1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (LL atau 0,5 W)
  - d. 1,2D + 1,0W + LL + 0,5 (Lr atau R)
  - e. 1,2D + 1,0E + LL
  - f. 0,9D - 1,0W
  - g. 0,9D + LL

### 3.2.5 Pemodelan dan Analisa Struktur

Untuk mengetahui gaya dalam yang timbul pada elemen struktur akibat beban yang bekerja maka dilakukan analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS. Gaya-gaya dalam

tersebut adalah gaya geser, gaya aksial, momen lentur, dan momen puntir. Selain itu juga digunakan untuk mengetahui pergeseran antar tingkat (*interstory drift*).

### 3.2.6 Kontrol Desain

Dengan melakukan kontrol dimensi pada elemen struktur balok dan kolom dapat diketahui apakah desain yang direncanakan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku. Adapun tahapan dalam kontrol desain sebagai berikut :

#### 3.2.6.1. Kontrol Desain Penampang Balok

Pada perencanaan elemen balok direncanakan menggunakan profil IWF sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 Tabel B4.1b yaitu:

1. Kontrol penampang :

Untuk Sayap :

- Penampang kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ ) :

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} \leq \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.20)$$

- Penampang tidak kompak ( $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ ) :

$$\lambda_r = 1,0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.21)$$

Untuk badan :

- Penampang kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ ) :

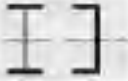




$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.22)$$

- Penampang tidak kompak ( $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ ) :

$$\lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.23)$$

Untuk melakukan perencanaan balok digunakan Tabel Pemilihan Profil menggunakan Bab Pasal F.

**Tabel 3.14** Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Tipe Balok	Penampang Balok	Klasifikasi	Klasifikasi	Klasifikasi
F2		C	C	V, LTB
F3		NC-B	C	LTB, FLB
F4		C, NC-B	C, NC	F, LTB, FLB, TP
F5		C, NC-B	B	V, LTB, FLB, TP
F6		C, NC-B	IVA	V, FLB

## 2. Kuat nominal lentur penampang

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor  $M_u$  harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.24)$$

Keterangan :

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9 (DFBK)

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal

Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

- a. Penampang kompak:

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.25)$$

- b. Penampang non kompak:

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3.26)$$

- c. Penampang langsing:

$$M_n = \frac{0,9Ek_c S_x}{\lambda^2} \quad (3.27)$$

- Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral

Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

- a. Bentang pendek:  $L_b \leq L_p$



$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.28)$$

b. Bentang menengah:  $L_p < L_b < L_r$

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_p - L_b}{L_r - L_p} \right) \leq M_p \quad (3.29)$$

c. Bentang panjang :  $L_b > L_r$

$$M_n = M_p = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.30)$$

### 3. Kuat geser

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu ( $V_n$ ) harus memenuhi

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.31)$$

Keterangan :

$\phi$  = faktor tahanan = 0,90

$V_n$  = tahanan geser nominal plat badan

Kekuatan geser nominal dari plat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6f_y A_w C_v \quad (3.32)$$

Dengan ketentuan nilai  $C_v$  diambil sebagai berikut :

$$a. \text{ Bila } \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Maka,

$$C_v = 1.0 \quad (3.33)$$

$$b. \text{ Bila } 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$$

Maka,

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / f_y}}{h / t_w} \quad (3.34)$$

c. Bila  $h / t_w > 1.37 \sqrt{k_v E / f_y}$

Maka,

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left( \frac{h}{t_w} \right)^2 f_y} \quad (3.35)$$

Koefisien tekuk geser plat badan,  $k_v$  untuk badan tanpa pengaku transversal ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} < 260 \quad (3.36)$$

Maka nilai  $k_v = 5.0$

Keterangan :

$A_w$  = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

$h$  = Jarak bersih antar sayap dikurangi jari-jari sudut

$t_w$  = Ketebalan badan

### 3.2.6.2. Kontrol Desain Kolom *Steel Tube*

Pada perencanaan elemen kolom ini menggunakan batang tulangan persegi yang diisi dengan beton atau yang bisa disebut sebagai *Concrete Filled Steel Tube* dengan ketentuan SNI 1729-2015:

#### 1. Kontrol Penampang

Untuk Badan :

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.37)$$

Untuk Sayap :

$$\frac{b}{2t_f} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.38)$$

## 2. Kontrol kekakuan Portal

Perbandingan kekakuan kolom terhadap kekakuan penahan ujung ujungnya (kekakuan baloknya) ditentukan dengan ketentuan SNI 1729-2002 (Pasal 7.6.3.3) sebagai berikut:

$$G = \frac{\sum \left( \frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left( \frac{I_b}{L_b} \right)} \quad (3.39)$$

Keterangan :

$I_c$  = Momen inersia kolom

$L_c$  = Panjang kolom

$I_b$  = Momen inersia balok

$L_b$  = panjang balok

Ketentuan :

- Kolom dengan perletakan sendi (tidak kaku)  $G \geq 10$
- Kolom dengan perletakan jepit (kaku)  $G \geq 1$
- Untuk batang tekan dalam struktur segitiga,  $L_k$  tidak boleh diambil kurang dari toritis batang.
- Angka kelangsingan untuk batang tekan dibatasi sebesar 200

### 3. Amplifikasi Momen Struktur Portal

Kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan,  $M_r$ , dan ketentuan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan dengan ketentuan SNI 1729-2015 (Pasal 8.2) sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.40)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.41)$$

Keterangan :

$B_1$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.  $B_1$  harus diambil 1,0 untuk komponen struktur yang tidak menahan tekan

$B_2$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

$M_{lt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK akibat hanya translasi lateral struktur.

$M_{nt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK dengan struktur dikekang melawan translasi lateral.

$M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

$P_{lt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK akibat hanya translasi lateral struktur.

$P_{nt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

- **Pengali  $B_1$  untuk Efek  $P-\delta$**

Pengali  $B_1$  untuk setiap komponen strukturyang menahan tekan dan setiap arah dari lentur komponen struktur dihitung sebagai berikut :

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.42)$$

Keterangan,

$\alpha = 1.00$  (DFBK)

$C_m$  = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan yaitu :

Untuk balok kolom yang tidak menahan beban transversal antara pendukung-pendukung dalam bidang lentur

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.43)$$

Dengan  $M_1$  dan  $M_2$  dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung dari bagian komponen.

$P_{e1}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.44)$$

Keterangan,

- $EI^*$  = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis  
 $E$  = Modulus elastisitas baja 200000 MPa  
 $I$  = Momen inersia bidang lentur, mm<sup>4</sup>  
 $L$  = Panjang komponen struktur, mm  
 $K_1$  = faktor panjang efektif bidang lentur,

- **Pengali  $B_2$  untuk Efek  $P-\Delta$**

Pengali  $B_2$  untuk setiap tingkat dan arah dari translasi lateral dihitung sebagai berikut :

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}} \geq 1 \quad (3.45)$$

Keterangan,

$\alpha$  = 1.00 (DFBK)

$P_{story}$  = Beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem pernah gaya lateral.

$P_{e\_story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai:

$$P_{e\_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.46)$$

Keterangan,

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

$L$  = Tinggi tingkat, mm

$P_{mf}$  = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen, jika ada, dalam translasi yang diperhitungkan

$\Delta_H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama, dalam arah translasi yang diperhitungkan akibat gaya lateral (mm), dihitung menggunakan kekakuan yang diperlukan untuk digunakan dalam analisis.

$H$  = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung  $\Delta_H$ , N

#### 4. Kontrol Tekuk-Lentur

Kekuatan tekan nominal,  $P_n$  harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 (Pasal E3) yaitu:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (3.47)$$

Tegangan kritis,  $F_{cr}$  ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \quad (3.48)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \quad (3.49)$$

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} > 2,25 \quad (3.50)$$

$$\text{Maka } F_{cr} = 0,877 \cdot F_e \quad (3.51)$$

Keterangan :

$F_e$  = tegangan tekuk kritis elastis ditentukan melalui suatu analisis tekuk elastis, yang sesuai, (Mpa)

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \quad (3.52)$$

#### 5. Kontrol Tekuk Puntir

Untuk tegangan tekuk *elastis torsi* atau torsi-lentur,  $F_e$  ditentukan sesuai dengan SNI 1729-2015 (Pasal E4) sebagai berikut:

- Untuk komponen struktur simetris ganda

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 \cdot EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \cdot \frac{1}{I_x + I_y} \quad (3.53)$$

Keterangan :

$F_e$  = tegangan tekuk kritis elastis, (Mpa)

$C_w$  = konstanta pilin, (mm<sup>6</sup>)

$E$  = modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

$G$  = modulus elastisitas geser dari baja = 77200 Mpa

$J$  = konstanta torsi, (mm<sup>4</sup>)

$K_z$  = faktor panjang efektif untuk tekuk torsi

$I_x, I_y$  = momen inersia disumbu utama, (mm<sup>4</sup>)

#### 6. Kontrol gaya aksial momen lentur

Momen nominal kolom diperhitungkan sama dengan balok dua arah sumbu penampang yaitu x dan y ditentukan sesuai dengan SNI 1729-2015 (Pasal E4) :



$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.54)$$

Keterangan :

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kekuatan lentur nominal,  $M_n$  harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (*momen plastis*) tekuk *torsi-lateral* :

- a. Bentang Pendek ( $L_b < L_p$ )

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y \quad (3.55)$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.56)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3.57)$$

Keterangan :

$M_p$  = momen lentur terfaktor

$F_y$  = tegangan leleh minimum baja, (Mpa)

$Z_x$  = modulus penampang elastis disumbu x, ( $\text{mm}^3$ )

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

$r_y$  = jari-jari girasi terhadap sumbu lemah

- b. Bentang menengah ( $L_p < L_b < L_r$ )

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.58)$$

Keterangan :

$M_p$  = momen lentur terfaktor

$F_y$  = tegangan leleh minimum baja, (Mpa)

$S_x$  = modulus penampang elastis disumbu x, (mm<sup>3</sup>)

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibresing melawan perpindahan lateral sayap tekan atau bresing melawanuntir penampang melintang

c. Bentang panjang ( $L_b > L_r$ )

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \quad (3.59)$$

Keterangan :

$M_p$  = momen lentur terfaktor

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E}{\left[ \frac{L_b}{r_{ts}} \right]} \cdot \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{Jc}{S_x \cdot h_o} \cdot \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3.60)$$

$S_x$  = modulus penampang elastis disumbu x, (mm<sup>3</sup>)

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

$J$  = konstanta torsi, (mm<sup>4</sup>)

$h_o$  = jarak antara titik berat sayap, (mm)

$$r_{ts} = \frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x} \quad (3.61)$$

$$c = 1 = \frac{h_o}{2} \cdot \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \quad (3.62)$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} \quad (3.63)$$

7. Persamaan interaksi aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simstris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan SNI 1729-2015 (Pasal H1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} - \text{ Untuk } \frac{P_r}{P_c} &\geq 0.2 \\ \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1.0 \end{aligned} \quad (3.64)$$

$$\begin{aligned} - \text{ Untuk } \frac{P_r}{P_c} &< 0.2 \\ \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1.0 \end{aligned} \quad (3.65)$$

Keterangan :

- $P_r$  = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N
- $M_r$  = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm
- $\phi_c$  = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90
- $\phi_b$  = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90
- $P_c = \phi_c P_n$  = Kekuatan aksial desain, N
- $M_c = \phi_b M_n$  = Kekuatan lentur desain, Nmm

### 3.2.6.3. Kontrol Profil *Bracing*

Nilai kelangsingan *bracing* sesuai SNI 1729-2015 :

$$\frac{K_c \cdot l}{r_y} \leq \frac{1900}{\sqrt{f_y}} \quad (3.66)$$

Kontrol kekuatan penampang (Tekuk lokal)

Sayap  $\lambda \leq \lambda_p$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{135}{\sqrt{f_y}} \quad (3.67)$$

Kuat tarik rencana

$$N_n = R_y \cdot f_y \cdot A_g \quad (3.68)$$

$$\phi N_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g \quad (3.69)$$

Keterangan :

$A_g$  = Luas Penampang Bruto Kolom, mm<sup>2</sup>

$R_y$  = Faktor Modifikasi Respon (Lihat pada  
SNI-1729-2002 Tabel 15.2-1)

$R_y$  = Faktor Modifikasi Tegangan Leleh  
Sesuai pasal 15.5.2 SNI-1729-2002

### 3.2.6.4. Kontrol *Link*

Kontrol kelangsingan penampang :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_r = \frac{135}{\sqrt{f_y}} \quad (3.70)$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.71)$$

$$- V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2t_f) \cdot t_w \quad (3.72)$$

$$- e = \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.73)$$

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4 kuat geser nominal *link* diambil nilai terkecil antara  $V_p$  atau  $2M_p/e$ .

Kontrol link :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.74)$$

### 3.2.7 Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan dilakukan dengan menggunakan sambungan baut dan sambungan las yang meliputi sambungan antara balok anak ke balok induk, balok induk ke kolom, dan kolom ke plat lantai. Pada struktur bangunan, perencanaan sambungan meliputi:

#### 1. Las Tumpul

Untuk menghitung kekuatan desain ( $\phi R_n$ ) diperjelas pada tabel J2.5 SNI 1729-2015. Pada desain sambungan las sudut, untuk menghitung kekuatan desain ( $\phi R_n$ ) menurut pasal J2.4

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we} \quad (3.75)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$$F_{nw} = \text{tegangan nominal dari logam las,} \\ 0,6 \cdot F_{exx} \cdot (1,0 + 0,5 \cdot \sin^{1,5} \cdot \theta) \text{ (Mpa)}$$

$$F_{exx} = \text{kekuatan klasifikasi logam pengisi, (Mpa)}$$

$$\theta = \text{sudut pembebanan diukur dari sumbu longitudinal las.}$$

$$A_{we} = \text{luas efektif las, (mm}^2\text{)}$$

## 2. Sambungan Baut

- a. Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama ( $\phi Rn$ ) menurut Pasal J3.6 :

$$Rn = F_n \cdot A_b \quad (3.76)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$F_n$  = tegangan tarik nominal  $F_{nt}$  atau  
tegangan geser,  $F_{nw}$  (Mpa)

$A_b$  = luas baut tidak berulir nominal, (mm<sup>2</sup>)

- b. Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut Pasal J3.7:

$$Rn = F'_{nt} \cdot A_b \quad (3.77)$$

Keterangan :

$$\phi = 0,75$$

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal mencakup  
tegangan geser, (Mpa)

$$F_{nt} = 1,3 \cdot F_{nt} - F_{nt} \cdot \phi F_{nv} \cdot F_{rv} \leq F_{nt}, \text{ (Mpa)}$$

$F_{nv}$  = tegangan geser, (Mpa)

$F_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan  
menggunakan kombinasi beban, (Mpa)

$A_b$  = luas baut tidak berulir nominal, (mm<sup>2</sup>)

### 3.2.8 Perencanaan StukturBawah

#### 3.2.8.1. Perencanaan Pondasi

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Puer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dan sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

##### 1. Tiang Pancang Tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah hasil dari SPT. Daya dukung pada pondasi tiang pancang tunggal didapatkan dengan menjumlahkan dari tahanan ujung bawah ultimit ( $Q_p$ ) dan tahanan gesek ultimit ( $Q_s$ ) antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya. Daya dukung tiang dihitung menurut persamaan *Luciano Decourt*.

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (3.78)$$

Keterangan :

QL = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

QP = Resistance Ultimate didasar pondasi

QS = Resistance Ultimate akibat lekatan lateral

Tahanan ujung ultimit (QP) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Q_p = qp \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.79)$$

Tahanan gesek dinding tiang ( $Q_s$ ) dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = qs \cdot A_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_p \quad (3.80)$$

Keterangan:

$N_p$  = harga rata-rata SPT disekitar 4D atas sampai 4D bawah dasar tiang pondasi ( $D$ =diameter pondasi)

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

tanah lempung = 12 t/m<sup>2</sup>,

tanah lanau berlempung = 20 t/m<sup>2</sup>,

tanah lanau berpasir = 25 t/m<sup>2</sup>,

tanah pasir = 40 t/m<sup>2</sup>,

$A_p$  = luas penampang dasar tiang

$N_s$  = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam

$A_s$  = luas selimut tiang

## 2. Kekuatan Bahan Tiang

Kekuatan dari beban tiang berkaitan dengan mutu bahan dan luas penampang tiang yang dipakai. Untuk penulangan tiang dihitung berdasarkan suatu sistim struktur yang mungkin terjadi pada waktu pengangkatan dengan berat sendiri sebagai bebannya.

$$Q_b = \sigma_{bahan} \times A Q_b \quad (3.81)$$

Keterangan:



$\sigma_{\text{bahan}}$  = Tegangan ijin bahan

$A$  = Luas penampang

### 3. Perencanaan Pondasi Tiang Grup

Perhitungan jarak tiang untuk jarak as ke as tepi

pancang

$$2,5D \leq S < 3$$

untuk jarak tepi ke as tiang pancang

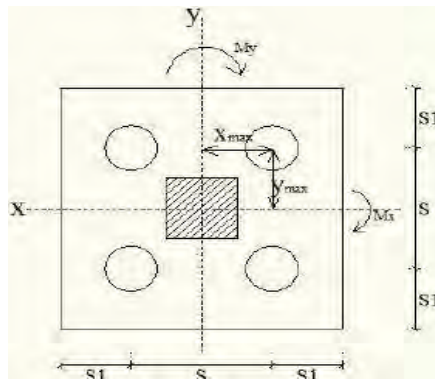
$$1,5 D < S1 < 2D$$

keterangan :

$S$  = jarak antar tiang pancang

$S1$  = jarak as tiang pancang ke tepi

$D$  = diameter tiang pancang



**Gambar 3.5** Pondasi Tiang Pancang Grup

(Sumber: Suyono Sostrodarsono, Kazuo Nakazawa.1984)

- a. Perumusan efisiensi tiang menurut persamaan Converse-Labbare

$$E_g = 1 - \theta \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \quad (3.82)$$

Keterangan :

- Eg = Efisiensi kelompok tiang
- m = jumlah baris tiang
- n = jumlah tiang dalam 1 baris
- $\theta$  =  $\arctan d/s$ , dalam derajat
- s = jarak antar pusat tiang
- d = diameter tiang

b. Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (3.83)$$

Syarat :  $P_{max} < P_{ijin}$

$$n = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum y^2} < P_{ijin} \quad (3.84)$$

$$n = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum x^2} - \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum y^2} < 0 \quad (3.85)$$

Keterangan :

- n = jumlah tiang pancang
- Mx = momen yang bekerja pada arah X
- My = momen yang bekerja pada arah Y
- $V_{max}$  = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X
- $Y_{max}$  = jarak terjauh as tiang pancang terhadap

sumbu Y  
 $x^2$  = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu X  
 $\Sigma y^2$  = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu y

### 3.2.8.2. Perencanaan Poer

#### 1. Kontrol dimensi poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat, yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai  $V_c$  diambil dari persamaan SNI 2847-2013 ps.13.12.2 :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}}{6} \quad (3.86)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 \cdot d}{b_o} + 2\right) + \frac{\sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}}{12} \quad (3.87)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d} \quad (3.88)$$

Jika:

$V_u < \phi V_c \rightarrow$  Tidak perlu tul geser

$V_u > \phi V_c \rightarrow$  Tebal poer tidak mencukupi

$B_c$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

$\alpha$  = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

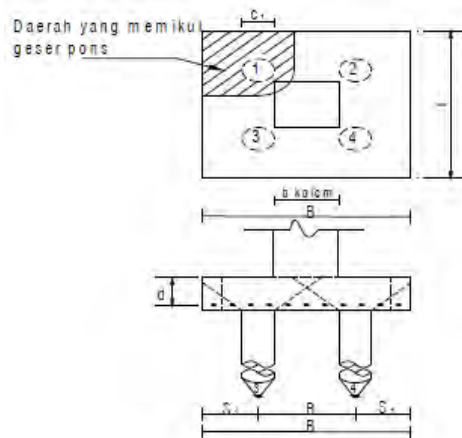
= 20 untuk kolom sudut

$B_0$  = parameter penampang kritis

$d$  = tinggi manfaat pelat

2. Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.5 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



**Gambar 3.6** Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang

(Sumber: Suyono Sostrodarsono, Kazuo Nakazawa, 1984)

3. Kontrol geser pons 2 arah  
Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil

$$V_u \leq \phi V_c$$

Dimana  $V_c$  diambil nilai terkecil dari

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}}{6}$$

Atau

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 \cdot d}{b_o} + 2\right) + \frac{\sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}}{12}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c \cdot b_o \cdot d}$$

Jika:

$V_u < \phi V_c \rightarrow$  tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c \rightarrow$  tebal poer tidak mencukupi

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV

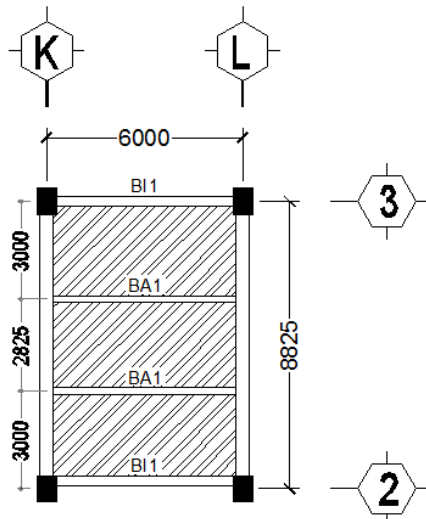
### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pada perencanaan lantai gedung ini menggunakan tabel perencanaan praktis dari *Super Floor Deck*. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Direncanakan menggunakan satu baris penyangga selama pengerasan pelat beton
- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Bondek menggunakan tebal 0,75 mm

##### 4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai 20



**Gambar 4.1** Pelat Lantai 20

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai 20 menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 2002.

1. Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 2002)
  - Berat *water proofing* = 5 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat plafon = 5 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat penggantung = 10 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat *ducting* dan *plumbing* =  $\frac{19,1 \text{ kg/m}^2}{+}$
$$q_{D\text{total}} = 39,1 \text{ kg/m}^2$$
2. Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
  - Lantai 20  $q_{L20} = 96 \text{ kg/m}^2$
3. Beban Berguna
  - $q = q_D + q_L$   
 $= 39,1 + 96$   
 $= 135,1/\text{m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$   
 (mengikuti brosur)
4. Data-data Perencanaan Pelat Bondek  
 Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:
  - Bentang = 3 m
  - Beban berguna = 200 kg/m<sup>2</sup>
  - Tulangan negatif = 2,51 cm<sup>2</sup>/m
  - Tebal pelat beton = 0,09 m
  - Digunakan tulangan = Ø10

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $n = \frac{2,51}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{2,51}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2} = 3,197 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{4 + 1} = 200 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- Tulangan susut digunakan tulangan Ø8 ( $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$ )  

$$d = t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{tul. utama}}{2}$$



$$d = 90 - 20 - \frac{8}{2} = 66 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan fy 480 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (a))}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 66 \\ &= 132 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

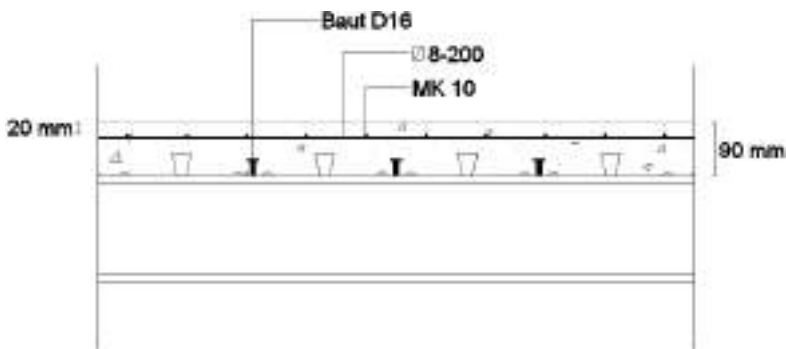
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1 \times tul}} = \frac{132}{50,24} = 2,627 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{4 - 1} = 333,3 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

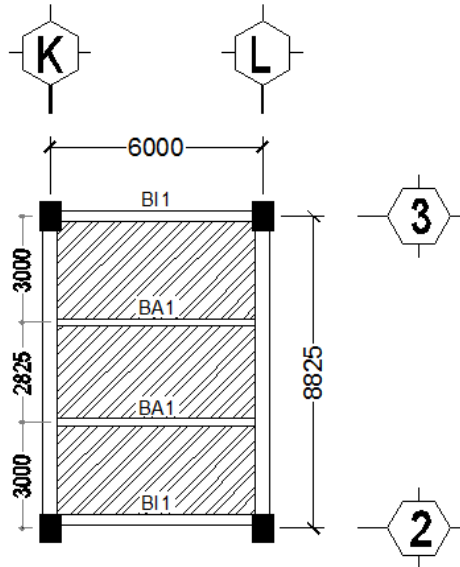
Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut Ø8-200 mm.

- Untuk penulangan ukuran plat 20 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



**Gambar 4.2** Penulangan Bondek 20

#### 4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai 4-19



**Gambar 4.3** Pelat Lantai 4-19

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai 4-19 menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 7.

1. Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 7)

- Berat keramik + spesi  $= 78,12 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon  $= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung  $= 10 \text{ kg/m}^2$
- Berat *ducting* dan *plumbing*  $= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$

$$q_{D\text{total}} = 112,2 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

- Lantai 4-19  $q_{L\text{Apart.}} = 479 \text{ kg/m}^2$

3. Beban Berguna

- $q = q_D + q_L$   
 $= 112,2 + 479$   
 $= 591,2 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$   
(mengikuti brosur)

4. Data-data Perencanaan Pelat Bondek

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 600 kg/m<sup>2</sup>
- Tulangan negatif = 3,25 cm<sup>2</sup>/m
- Tebal pelat beton = 0,10 m
- Digunakan tulangan = Ø 10

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
  - $n = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2} = 4,14 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
  - Jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{5 + 1} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
  - Tulangan susut digunakan tulangan Ø8 (As= 0,503 cm<sup>2</sup>)
- $$d = t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{tul.utama}}{2}$$

$$d = 100 - 20 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan fy 480 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,002 \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (c)})$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 76 \\ &= 152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

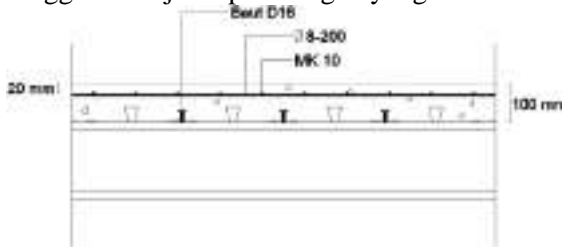
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1 \times tul}} = \frac{152}{50,24} = 3,025 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{5 - 1} = 250 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

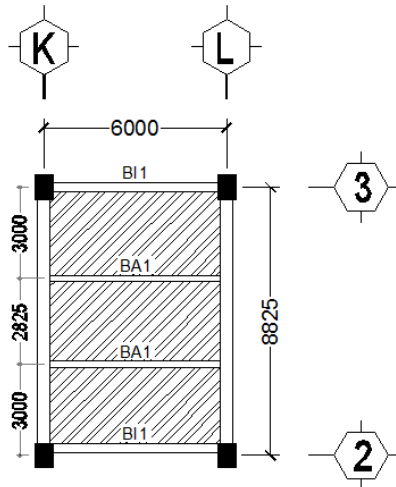
Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut Ø8-200 mm.

- Untuk penulangan ukuran plat 4-19 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



**Gambar 4.4** Penulangan Bondek Lantai 4-19

#### 4.1.3 Perencanaan Pelat Lantai P1-P3



**Gambar 4.5** Pelat Lantai P1-P3

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai P1-P3 menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 2002.

##### 1. Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 2002)

- Berat keramik + spesi = 78,12 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafon = 5 kg/m<sup>2</sup>

- Berat penggantung  $= 10 \text{ kg/m}^2$
- Berat *ducting* dan *plumbing*  $= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$   
 $q_{D\text{total}} = 112,2 \text{ kg/m}^2$
- 2. Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)
  - Lantai P1-P3  $q_{LP1-P3} = 192 \text{ kg/m}^2$
- 3. Beban Berguna
  - $q = q_D + q_L$   
 $= 112,2 + 192$   
 $= 304,22 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$   
 (mengikuti brosur)
- 4. Data-data Perencanaan Pelat Bondek  
 Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:
  - Bentang  $= 3 \text{ m}$
  - Beban berguna  $= 400 \text{ kg/m}^2$
  - Tulangan negatif  $= 3,25 \text{ cm}^2/\text{m}$
  - Tebal pelat beton  $= 0,10 \text{ m}$
  - Digunakan tulangan  $= \emptyset 10$
 Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $n = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{3,25}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2} = 4,14 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan  $= \frac{1000}{5 + 1} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- Tulangan susut digunakan tulangan  $\emptyset 8$  ( $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$ )

$$d = t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{\text{tul. utama}}}{2}$$

$$d = 100 - 20 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan  $f_y$  480 Mpa

$$\rho_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (c))}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } A_{s\min} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 76 \\ &= 152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

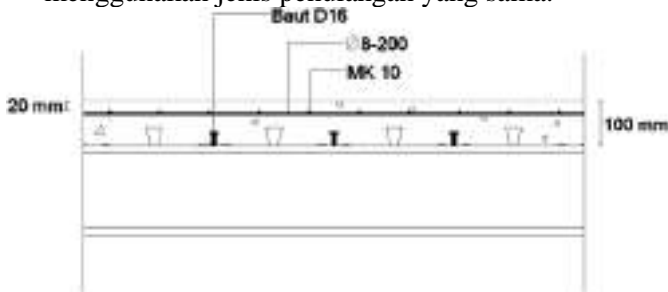
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1 \times tul}} = \frac{152}{50,24} = 3,025 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan } s = \frac{1000}{5 - 1} = 250 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut Ø8-200 mm.

- Untuk penulangan ukuran plat Lantai P1-P3 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



**Gambar 4.6** Penulangan Bondek Lantai P1-P3

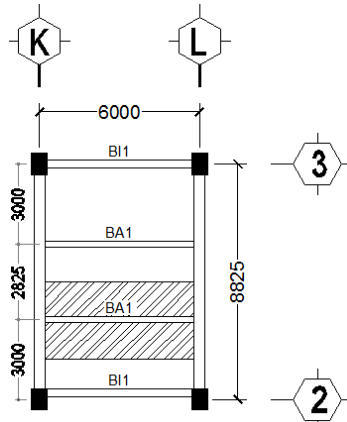
## 4.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak berfungsi untuk membagi luasan agar tidak terlalu lebar sehingga masih mempunyai kekakuan yang lebih baik untuk memikul beban yang terjadi, posisinya berada menumpu diatas dua tumpuan sederhana.

#### 4.2.1 Perencanaan Balok Anak Lantai 20

Balok anak lantai 20 direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan  $F_y$  250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	$= 56,8 \text{ kg/m}$	$r$	$= 18 \text{ mm}$
$d$	$= 300 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 823 \text{ cm}^3$
$b_f$	$= 200 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 244 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 8 \text{ mm}$	$i_x$	$= 12,6 \text{ cm}$
$t_f$	$= 12 \text{ mm}$	$i_y$	$= 4,71 \text{ cm}$
$I_x$	$= 11300 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$I_y$	$= 1600 \text{ cm}^4$		$= 240 \text{ mm}$
$E$	$= 200000 \text{ MPa}$	$A$	$= 72,38 \text{ cm}^2$



**Gambar 4.7** Denah Pembebanan Balok Lantai 20

##### 1. Beban-bekan Yang Bekerja

###### a. Beban Mati

- Berat pelat bondek	$= 10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri pelat beton 0,09x2400	$= 216 \text{ kg/m}^2$
- Berat <i>waterproofing</i>	$= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon	$= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung	$= 10 \text{ kg/m}^2$
- Berat <i>ducting</i> dan <i>plumbing</i>	$= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$
$q_D$	$= 265,2 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
 - W_{\text{Profil}} &= 56,8 \text{ kg/m} \\
 - q_{\text{Dtotal}} &= (q_{\text{D}} \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}} \\
 &= \left( 265,2 \text{ kg/m}^2 \times \left( \frac{1,5}{2} + \frac{1,5}{2} \right) \right) + 56,8 \text{ kg/m} \\
 &= 829,195 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 q_{\text{Ltotal}} &= \left( \frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \times 96 \text{ kg/m} \\
 &= 279,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 q_u &= (1,2 \times q_{\text{Dtotal}}) + (1,6 \times q_{\text{Ltotal}}) \\
 &= (1,2 \times 829,195 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 279,6 \text{ kg/m}) \\
 &= 1442,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a) Momen yang terjadi

$$\text{Mu} = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1442,4 \times 6^2 = 6490,773 \text{ kg.m}$$

b) Gaya geser yang terjadi

$$\text{Vu} = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1442,4 \times 6 = 4327,182 \text{ kg}$$

3. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,33 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$30 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$



- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = M_n = Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$   
 $\phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm}$   
 $= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m}$   
 Kontrol  $\phi M_n \geq M_u$   
 $18517,5 \text{ kg.m} > 6490,773 \text{ kg.m}$  **(OK)**
  
- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral  
 Jarak penahan lateral ( $L_b = 100 \text{ cm}$ ).  
 $L_p = 234,05 \text{ cm}$  } Dari Tabel  $L_p$  &  $L_r$   
 $L_r = 740,84 \text{ cm}$  }  
 $L_b \leq L_p \rightarrow$  Bentang Pendek
- Karena bentang pendek, maka ,  
 $M_p = M_n = Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$   
 $\phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm}$   
 $= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m}$   
 Kontrol  $\phi M_n \geq M_u$   
 $18517,5 \text{ kg.m} > 6490,773 \text{ kg.m}$  **(OK)**

#### 4. Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 4327,182 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} \leq 260 \text{ maka } K_v = 5$$

$$30 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\ &= 0,6 f_y (d t_w) \\ &= 0,6 \times (2500) \times (30 \times 0,8) \end{aligned}$$

= 36000 kg

$\varnothing V_n \geq V_u$

$\varnothing V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 36000 = 32400 \text{ kg}$

Kontrol,  $\varnothing V_n \geq V_u = 32400 \text{ kg} \geq 4327,182 \text{ kg (OK)}$

5. Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} \leq 1$$

$$\left( \frac{6490,773}{0,9 \times 18517,5} \right) \leq 1,0$$

0,35 ≤ 1,00 (OK)

6. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,667$$

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$\frac{5}{384} \times \frac{(8,292 + 2,796) \times 600^4}{2000000 \times 11300} = 0,83 \text{ cm}$$

$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 1,27 \text{ cm} \leq 1,667 \text{ cm (OK)}$

Jadi Profil **300 x 200 x 8 x 12** dapat digunakan sebagai balok anak lantai 20 BA1, untuk pembalokan dimensi yang lain dapat dilihat pada table berikut

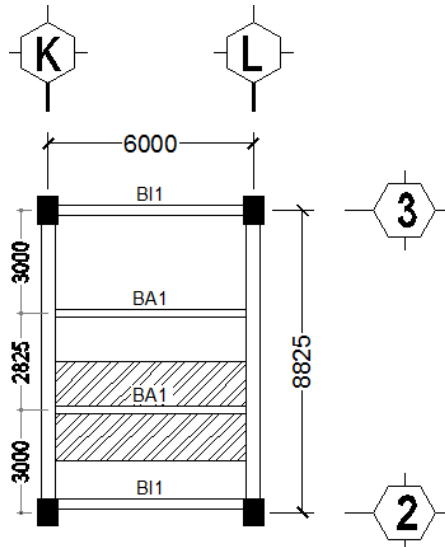
**Tabel 4.1** Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 20

Balok anak Lantai 20	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
BA1	6	2,8	300 x 200 x 8 x 12
BA2	6	3	300 x 200 x 8 x 12
BA3	8,825	3	400 x 300 x 9 x 14

#### 4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai 4-19

Balok anak lantai 20 direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 9 x 14, dengan  $F_y$  250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	$= 65,4 \text{ kg/m}$	$r$	$= 18 \text{ mm}$
$d$	$= 300 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 963 \text{ cm}^3$
$b_f$	$= 200 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 288 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 9 \text{ mm}$	$i_x$	$= 12,6 \text{ cm}$
$t_f$	$= 14 \text{ mm}$	$i_y$	$= 4,77 \text{ cm}$
$I_x$	$= 13300 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$I_y$	$= 1900 \text{ cm}^4$		$= 236 \text{ mm}$
$E$	$= 200000 \text{ MPa}$	$A$	$= 83,36 \text{ cm}^2$



**Gambar 4.8** Denah Pembebanan Balok Lantai 4-19

a. Beban-bekan Yang Bekerja

a. Beban Mati

- Berat pelat bondek  $= 10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat sendiri pelat beton  $0,1 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}^2$
- Berat *waterproofing*  $= 5 \text{ kg/m}^2$

- Berat plafon  $= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung  $= 10 \text{ kg/m}^2$
- Berat *ducting* dan *plumbing*  $= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$

$$q_D = 289,2 \text{ kg/m}^2$$

- $W_{\text{Profil}} = 65,4 \text{ kg/m}$
- $q_{D\text{total}} = (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}}$

$$= \left( 289,2 \text{ kg/m}^2 \times \left( \frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \right) + 65,4 \text{ kg/m}$$

$$= 907,7 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup

$$q_{L\text{total}} = \left( \frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \times 479 \text{ kg/m}$$

$$= 1395,09 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$q_u = (1,2 \times q_{D\text{total}}) + (1,6 \times q_{L\text{total}})$$

$$= (1,2 \times 907,7 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 1395,09 \text{ kg/m})$$

$$= 3321,4 \text{ kg/m}$$

b. Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a. Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3321,4 \times 6^2 = 14946,18 \text{ kg.m}$$

b. Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 3321,4 \times 6 = 9964,12 \text{ kg}$$

c. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,14 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{300}{9} \leq \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

26,22 < 106,35 (Penampang Kompak)

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = M_n = Z_x \times F_y = 963 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 2407500 \text{ kg.cm} = 24075 \text{ kg.m}$   
 $\phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2407500 \text{ kg.cm}$   
 $= 2166750 \text{ kg.cm} = 21667,5 \text{ kg.m}$   
 Kontrol  $\phi M_n \geq M_u$   
 $21667,5 \text{ kg.m} > 14946,18 \text{ kg.m}$  (**OK**)

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral  
 Jarak penahan lateral ( $L_b = 100 \text{ cm}$ ).

$$\left. \begin{array}{l} L_p = 237,66 \text{ cm} \\ L_r = 803,1 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel } L_p \text{ \& } L_r$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

- Karena bentang menengah, maka ,  
 $M_p = M_n = Z_x \times F_y = 963 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$   
 $= 2407500 \text{ kg.cm} = 24075 \text{ kg.m}$   
 $\phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2407500 \text{ kg.cm}$   
 $= 2166750 \text{ kg.cm} = 21667,5 \text{ kg.m}$   
 Kontrol  $\phi M_n \geq M_u$   
 $21667,5 \text{ kg.m} > 14946,18 \text{ kg.m}$  (**OK**)

d. Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 9964,12 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{236}{9} \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} < 260 \text{ maka } K_v = 5$$

$$26,22 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\ &= 0,6 f_y (d t_w) \\ &= 0,6 \times (2500) \times (30 \times 0,9) \\ &= 40500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 40500 = 36450 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \emptyset V_n \geq V_u = 36450 \text{ kg} \geq 9964,12 \text{ kg (OK)}$$

e. Persamaan Interaksi

$$\begin{aligned} \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} &\leq 1 \\ \left( \frac{14946,18}{0,9 \times 24075} \right) &\leq 1,0 \\ 0,69 &\leq 1,00 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

f. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,667 \\ f_{terjadi} &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_L) \times L^4}{E \times I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(9,077 + 13,951) \times 600^4}{2000000 \times 13300} = 1,42 \text{ cm} \\ f_{terjadi} &\leq f_{ijin} = 1,46 \text{ cm} \leq 1,667 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

Jadi Profil **300 x 200 x 9 x 14** dapat digunakan sebagai balok anak lantai 4-19.

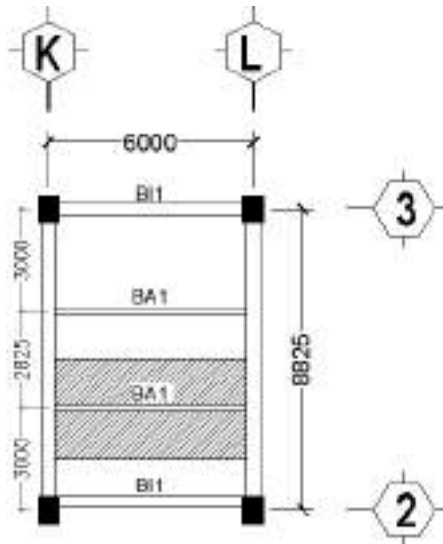
**Tabel 4.2** Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai 4-19

Balok anak Lantai 4-19	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
BA1	6	2,8	300 x 200 x 9 x 14
BA2	6	3	300 x 200 x 8 x 12
BA3	8,825	3	400 x 300 x 10 x 16
BA4	4,5	3	300 x 150 x 6,5 x 9
BA5	6	2,5	300 x 200 x 8 x 12
BA6	4	2	250 x 125 x 6 x 9
BA7	10	3	400 x 300 x 10 x 16

#### 4.2.3 Perencanaan Balok Anak Lantai P1-P3

Balok anak lantai 20 direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan  $F_y$  250 Mpa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	$= 56,8 \text{ kg/m}$	$r$	$= 18 \text{ mm}$
$d$	$= 300 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 823 \text{ cm}^3$
$b_f$	$= 200 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 244 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 8 \text{ mm}$	$i_x$	$= 12,6 \text{ cm}$
$t_f$	$= 12 \text{ mm}$	$i_y$	$= 4,71 \text{ cm}$
$I_x$	$= 11300 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$I_y$	$= 1600 \text{ cm}^4$		$= 240 \text{ mm}$
$E$	$= 200000 \text{ MPa}$	$A$	$= 72,38 \text{ cm}^2$



**Gambar 4.9** Denah Pembebanan Balok Lantai P1-P3

1. Beban-bekan Yang Bekerja

a. Beban Mati

- Berat pelat bondek = 10,1 kg/m<sup>2</sup>
- Berat sendiri pelat beton 0,1 x 2400 = 240 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *waterproofing* = 5 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafon = 5 kg/m<sup>2</sup>
- Berat penggantung = 10 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 19,1 kg/m<sup>2</sup> +
- $q_D = 289,2 \text{ kg/m}^2$

-  $W_{\text{Profil}} = 56,8 \text{ kg/m}$

-  $q_{D\text{total}} = (q_D \times \text{panjang tributari}) + W_{\text{profil}}$   
 $= \left( 289,2 \text{ kg/m}^2 \times \left( \frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \right) + 56,8 \text{ kg/m}$   
 $= 899,1 \text{ kg/m}$

b. Beban Hidup

$q_{L\text{total}} = \left( \frac{3}{2} + \frac{2,825}{2} \right) \times 192 \text{ kg/m}$



$$= 559,2 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} q_u &= (1,2 \times q_{D\text{total}}) + (1,6 \times q_{L\text{total}}) \\ &= (1,2 \times 899,1 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 559,2 \text{ kg/m}) \\ &= 1973,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

a. Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1973,6 \times 6^2 = 8881,35 \text{ kg.m}$$

b. Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1973,6 \times 6 = 5920,9 \text{ kg}$$

3. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Kontrol Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2t_f} \leq \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{200}{2 \times 12} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$8,33 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$30 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm} \\ &= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol } \phi M_n \geq M_u$$

$$18517,5 \text{ kg.m} > 8881,35 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral  
Jarak penahan lateral ( $L_b = 100$  cm).

$$\left. \begin{array}{l} L_p = 234,05 \text{ cm} \\ L_r = 740,84 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel } L_p \text{ \& } L_r$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

- Karena bentang menengah, maka ,  

$$M_p = M_n = Z_x \times F_y = 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n = 0,9 \times 2057500 \text{ kg.cm}$$

$$= 1851750 \text{ kg.cm} = 18517,5 \text{ kg.m}$$

$$\text{Kontrol } \phi M_n \geq M_u$$

$$18517,5 \text{ kg.m} > 8881,35 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4. Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 5920,9 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{240}{8} \leq 1,1 \cdot \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}}$$

$$\text{Bila } \frac{h}{tw} < 260 \text{ maka } K_v = 5$$

$$30 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\ &= 0,6 f_y (d t_w) \\ &= 0,6 \times (2500) \times (30 \times 0,8) \\ &= 36000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times V_n = 0,9 \times 36000 = 32400 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol, } \phi V_n \geq V_u = 32400 \text{ kg} \geq 5920,9 \text{ kg (OK)}$$

#### 5. Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} \leq 1$$

$$\left( \frac{8881,35}{0,9 \times 20575} \right) \leq 1,0$$

$$0,48 \leq 1,00 \text{ (OK)}$$

#### 6. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,667$$

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_L) \times L^4}{E \times I_x}$$

$$\frac{5}{384} \times \frac{(8,991 + 5.592) \times 600^4}{2000000 \times 11300} = 1,09 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 1,09 \text{ cm} \leq 1,667 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil **300 x 200 x 8 x 12** dapat digunakan sebagai balok anak lantai P1-P3.

**Tabel 4.3** Rekapitulasi Perencanaan Balok Lantai P1-P3

Balok anak Lantai 4-19	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
BA1	6	2,8	300 x 200 x 8 x 12
BA2	6	3	300 x 200 x 8 x 12
BA3	8,825	3	400 x 300 x 10 x 16
BA4	4,5	3	200 x 150 x 6 x 9
BA5	6	2,5	300 x 200 x 8 x 12
BA6	4	2	250 x 125 x 6 x 9

### 4.3 Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada 4-19 Bale Hinggil ini direncanakan tangga konstruksi baja.

### 4.3.1 Perencanaan Tangga

#### 1. Data teknis tangga:

- Mutu baja = BJ 41
- Tinggi antar lantai = 360 cm
- Tinggi bordes = 180 cm
- Panjang Tangga = 225 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar bordes = 135 cm
- Lebar antrede (i) = 25 cm
- Lebar pegangan tangga = 15 cm

Syarat perencanaan optrede dan antrede serta kemiringan tangga sebagai berikut:

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

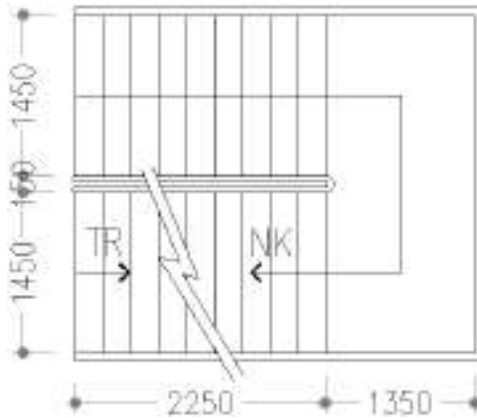
$$25^\circ < a < 40^\circ$$

Dimana:

- $t$  = tinggi optrede (cm)
- $i$  = lebar antrede (cm)
- $a$  = kemiringan tangga

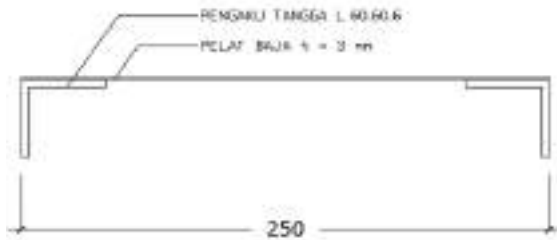
Maka,

- Direncanakan tinggi optrede ( $t$ ) = 18 cm
- Jumlah optrede =  $\frac{\text{tinggibordes}}{t} = \frac{180}{18} = 10$
- buah
- Jumlah antrede ( $n$ ) =  $10 \text{ buah} - 1 = 9 \text{ buah}$
- Kontrol,  $60 \text{ cm} \leq (2 \times 18 + 25) \leq 65 \text{ cm}$   
 $60 \text{ cm} \leq 61 \text{ cm} \leq 65 \text{ cm}$  (**OK**)
- Jadi tinggi optrede = 18 cm
- Kemiringan tangga ( $\alpha$ ) =  $\arctan\left(\frac{180}{225}\right) = 38,66^\circ$



**Gambar 4.10** Denah Tangga Utama

## 2. Perencanaan Anak Tangga



**Gambar 4.11** Pelat Anak Tangga

### a. Perencanaan tebal anak tangga

Tebal pelat tangga	= 3 mm
Berat jenis baja	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
Mutu baja BJ 41, fy	= 2500 kg/cm <sup>2</sup>

### b. Perencanaan pembebanan pelat tangga

#### - **Beban Mati**

Berat pelat = $0,003 \times 1,45 \times 7850$	= 34,15 kg/m
Alat penyambung 10%	= <u>3,41 kg/m</u> +
q <sub>D</sub>	= 37,56 kg/m

- **Beban Hidup**

$$q_L = 300 \times 1,45 = 435 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Md dan MI**

$$L \text{ (lebar antrede)} = 0,25 \text{ m}$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 37,56 \times 0,25^2 = 0,29 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 435 \times 0,25^2 = 3,40 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{4} \times pl \times L^2 = \frac{1}{4} \times 100 \times 0,25^2 = 6,25 \text{ kg.m}$$

Maka yang menentukan,

$$M_D = 0,29 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 6,25 \text{ kg.m (yang paling besar)}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$**

$$M_u = 1,4 \cdot M_D = 1,4 \cdot 0,29 = 0,41 \text{ kg.m}$$

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L = 1,2 \cdot 0,29 + 1,6 \cdot 6,25 = 10,35 \text{ kg.m}$$

Maka yang menentukan,

$$M_U = 10,35 \text{ kg.m}$$

- **Kontrol Momen Lentur**

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 145 \times 0,3^2 = 3,263 \text{ cm}^3$$

$$\emptyset M_n = \emptyset Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 3,263 \cdot 2500 = 7340,1 \text{ kg.cm}$$

$$= 73,41 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset M_n > M_u \rightarrow 73,41 \text{ kg.m} > 10,35 \text{ kg.m (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{25}{240} = 0,104 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,3^3 = 0,33 \text{ cm}^4$$

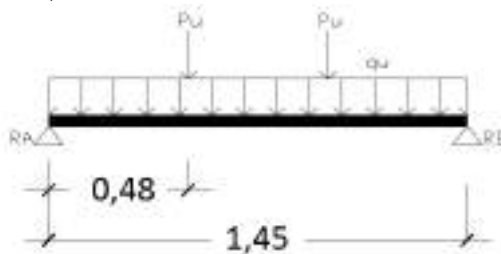
$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qdl + qll}{100} \right) I^4}{384 \times EI_x} = \frac{5 \left( \frac{37,56 + 435}{100} \right) 25^4}{384 \times 2000000 \times 0,33} = 0,037 \text{ cm}$$

Maka,  $f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,037 \text{ cm} \leq 0,104 \text{ cm (OK)}$

c. Perencanaan pengaku anak tangga

Direncanakan menggunakan profil siku 60 x 60 x 6 dengan data sebagai berikut,

w	= 5,42 kg/m	I <sub>x</sub>	= 22,8 cm <sup>4</sup>
A	= 6,91 cm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub>	= 22,8 cm <sup>4</sup>
bf	= 60 mm	i <sub>x</sub>	= 1,82 cm
tw	= 6 mm	i <sub>y</sub>	= 1,82 cm
Z <sub>x</sub>	= 5,29 cm <sup>3</sup>		



**Gambar 4.12** Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

- **Beban Mati (  $\frac{1}{2}$  Lebar Antrede)**

$$\text{Berat plat} = 0,003 \times \frac{0,25}{2} \times 7850 = 2,94 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku} = 60 \times 60 \times 6 = 5,42 \text{ kg/m} + 8,36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 0,84 \text{ kg/m} + 9,20 \text{ kg/m}$$

$q_D$

- **Beban Hidup (  $\frac{1}{2}$  Lebar Antrede)**

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times \frac{0,25}{2} = 37,5 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

- **Perhitungan Md dan MI**

$$L \text{ (lebar tangga)} = 1,45 \text{ m}$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 9,26 \times 1,45^2 = 2,42 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \text{merata} \quad \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 37,5 \times 100^2 = 9,86 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \text{terpusat} \quad \frac{1}{3} \times p \times L = \frac{1}{3} \times 100 \times 1,45 = 48,33$$

kg.m

Maka yang menentukan,

$$M_D = 2,42 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 48,33 \text{ kg.m (yang paling besar)}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \left( \frac{1}{2} \times qd \times L \right) + 1,6 \left( \frac{1}{2} \times P \times 2 \right) \\ &= 1,2 \left( \frac{1}{2} \times 9,20 \times 1,45 \right) + 1,6 \left( \frac{1}{2} \times 100 \times 2 \right) \\ &= 168 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kombinasi pembebanan  $M_u$**

$$M_u = 1,2.M_D + 1,6.M_L = 1,2.2,42 + 1,6.48,33 = 80,23 \text{ kg.m}$$

- **Kontrol Penampang Profil**

Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{60}{6} = 10$$



$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,27$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 10 < 15,27 \rightarrow \text{OK (penampang kompak)}$$

Karena penampang kompak, Maka  $M_n = M_p$

$$M_n = \phi Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 5,29 \cdot 2500 = 11902,5 \text{ kg.cm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \cdot 119,025 \text{ kg.m} = 107,123 \text{ kg.m}$$

Syarat,

$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow 107,12 \text{ kg.m} \geq 80,23 \text{ kg.m (OK)}$$

#### - Kontrol Kuat Geser

$$V_u = 168 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{60 - 6}{6} = 9$$

$$\frac{h_w}{t_w} < 260 \rightarrow kv = 5 \text{ (SNI 1729-2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$9,00 < 69,57 \text{ Maka, } C_v = 1 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (6,0 \cdot 0,6) \cdot 1 \\ &= 5400 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 5400 \text{ kg} \\ &= 4860 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \phi V_n > V_u \rightarrow 4860 \text{ kg} > 168 \text{ kg (OK)}$$

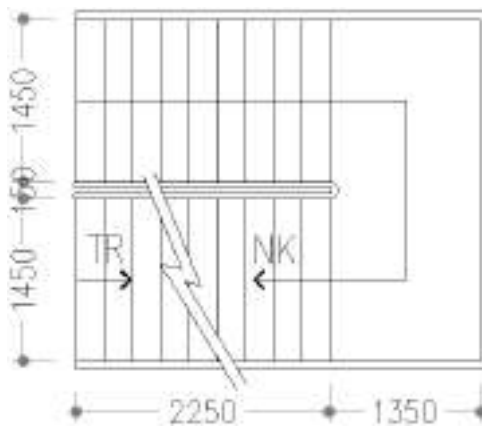
#### - Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{145}{240} = 0,60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f^o &= \frac{5 \left( \frac{qdl + qll}{100} \right) l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \left( \frac{23}{684} \times \frac{P \cdot l^3}{E \cdot I_x} \right) \\
 &= \frac{5 \left( \frac{9,20 \times 37,5}{100} \right) \times 1,45^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 22,8} = \left( \frac{23}{684} \times \frac{100 \times 1,45^3}{2 \times 10^6 \times 22,8} \right) \\
 &= 0,06 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka,  $f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,06 \text{ cm} < 0,6 \text{ cm (OK)}$

#### 4.3.2 Perencanaan Bordes



**Gambar 4.13** Denah Bordes

##### 1. Pelat Bordes

- a. Data Pelat Bordes
  - Tebal pelat bordes = 5 mm
  - Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>
  - Mutu baja BJ 41, fy = 2500 kg/cm
  - Lebar tangga = 1,45 m
  - Lebar bordes = 1,35 m
  - ½ lebar bordes = 0,675 m

## b. Perencanaan Pembebanan Pelat Bordes

- **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,005 \times 1,45 \times 7850 = 56,91 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} = \frac{5,69 \text{ kg/m}}{10} = 0,569 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 62,60 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 = 435 \text{ kg/m}$$

- **Perhitungan Md dan Ml**

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 62,6 \times 0,675^2 = 3,6 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 435 \times 0,675^2 = 24,8 \text{ kg.m}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$** 

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2M_D + 1,6M_L \\ &= 1,2 \times 3,6 + 1,6 \times 24,8 \\ &= 43,92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Momen Lentur**

$$Z_x = \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 145 \times 0,5^2 = 9,063 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= 0,9 \cdot Z_x \cdot f_y = 0,9 \cdot 9,063 \cdot 2500 = 20390,6 \text{ kg.cm} \\ &= 203,91 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset M_n > M_u \rightarrow 203,91 \text{ kg.m} > 43,92 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{0,675}{240} = 0,3 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,5^3 = 1,5 \text{ cm}^4$$

$$f^0 = \frac{5 \left( \frac{q_D L^4}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left( \frac{62,6 \times 435}{100} \right) \times 0,675^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 1,5} = 0,01 \text{ cm}$$

Maka,  $f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,01 \text{ cm} < 0,28 \text{ cm}$  (**OK**)

## 2. Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dengan data sebagai berikut:

A = 11,85 cm <sup>2</sup>	ix = 3,98 cm
w = 9,30 kg/m	iy = 1,12 cm
d = 100 mm	r = 8,0 mm
bf = 50 mm	Zx = 42 cm <sup>3</sup>
tw = 5 mm	Zy = 9 cm <sup>3</sup>
tf = 7 mm	Sx = 37,50 cm <sup>3</sup>
Ix = 187 cm <sup>4</sup>	Sy = 5,91 cm <sup>3</sup>
Iy = 14,8 cm <sup>4</sup>	h = d - 2(tf + r)
	= 70 mm

### a. Perencanaan pembebanan balok bordes

#### - **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,005 \times 0,675 \times 7850 = 26,49 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} &= \underline{9,3 \text{ kg/m}} + \\ &= 35,79 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung 10\%} &= \underline{3,58 \text{ kg/m}} + \\ q_D &= 39,37 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### - **Beban Hidup**

$$\begin{aligned} \text{Lantai asrama} &= 300 \text{ kg/m}^2 \text{ (PPIUG 1987)} \\ q_L &= 300 \text{ kg/m}^2 \times 0,675 = 203 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### - **Perhitungan Gaya Dalam**

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 39,37 \times 1,45 = 28,54 \text{ kg} \\ M_D &= \frac{1}{8} \times q_D \times L = \frac{1}{8} \times 39,37 \times 2,1 = 10,35 \text{ kg.m} \\ V_L &= \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 202,5 \times 1,45 = 146,8 \text{ kg} \\ M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L = \frac{1}{8} \times 202,5 \times 2,1 = 53,22 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$  dan  $V_u$**

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \times V_D + 1,6 \times V_L \\ &= 1,2 \times 28,54 + 1,6 \times 146,8 \\ &= 269,155 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 10,35 + 1,6 \times 53,22 \\ &= 97,57 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Penampang**

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 3,57 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow \frac{70}{5} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$14 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times F_y \\ &= 42 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 1050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Cek Kemampuan Penampang**

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 0,9 \times 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 94500 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$= 945 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u \rightarrow 945 \text{ kg.m} \geq 97,57 \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Kuat Geser**

$$V_u = 269,155 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{50-5}{5} = 9 < 260, k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$\text{Maka, } C_v = 1,00$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (10,0,5) \cdot 1 \\ &= 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 7500 \text{ kg} \\ &= 6750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset V_n > V_u \rightarrow 6750 \text{ kg} > 269,155 \text{ kg (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{145}{240} = 0,6 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qdl \times qll}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left( \frac{0,3937 \times 2,03}{100} \right) \times 1,45^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 187} = 0,037 \text{ cm}$$

$$\text{Kontrol, } f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,037 \text{ cm} < 0,6 \text{ cm (OK)}$$

Maka, profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dapat digunakan sebagai balok bordes pada tangga.

### 4.3.3 Perencanaan Balok Utama Tangga

Direncanakan menggunakan profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan data sebagai berikut:

$A = 27,2 \text{ cm}^2$	$i_x = 8,23 \text{ cm}$
$w = 21,32 \text{ kg/m}$	$i_y = 2,22 \text{ cm}$
$d = 200 \text{ mm}$	$r = 11 \text{ mm}$
$b_f = 100 \text{ mm}$	$Z_x = 200 \text{ cm}^3$
$t_w = 5,5 \text{ mm}$	$Z_y = 41 \text{ cm}^3$
$t_f = 8 \text{ mm}$	$S_x = 184 \text{ cm}^3$
$I_x = 1840 \text{ cm}^4$	$S_y = 27 \text{ cm}^3$
$I_y = 134 \text{ cm}^4$	$h = d - 2(t_f + r)$
	$= 162 \text{ mm}$

a. Perencanaan pembebanan anak tangga

- **Beban Mati (Anak Tangga)**

$$\text{Berat pelat} = 0,003 \times 0,725 \times 7850 = 17,07 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} W \text{ profil siku} &= 5,42 \times 2 &= 10,84 \text{ kg/m} + \\ & &= 27,91 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} \quad = 2,79 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 30,71 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

$$q_{L1} = 300 \times \frac{0,725}{\cos 38,66} = 278,5 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 30,71 + 1,6 \cdot 278,5 \\ &= 482,51 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Perencanaan pembebanan dan gaya dalam bordes

- **Beban Mati**

$$\text{Berat pelat} = 0,005 \times 0,725 \times 7850 = 28,46 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung 10\%} \quad = 2,84 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D2} = 31,30 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

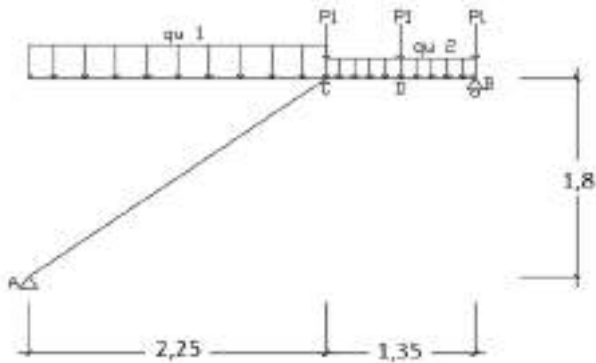
$$\begin{aligned} q_{L2} &= 300 \times 0,725 \\ &= 217,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 31,1 + 1,6 \cdot 217,5 \\ &= 385,56 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

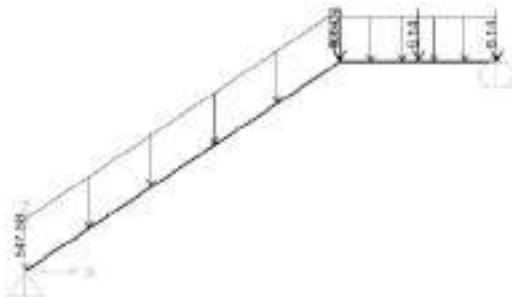
- **Beban Terpusat**

Beban terpusat akibat balok bordes

$$P_1 = 9,3 \times 0,725 = 6,74 \text{ kg}$$



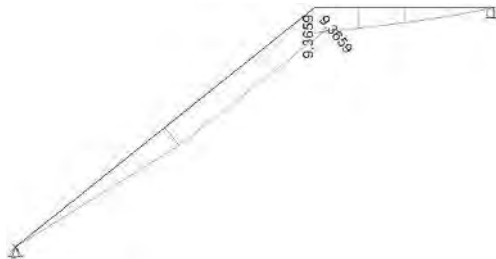
**Gambar 4.14** Model Pembebanan Balok Utama Tangga



**Gambar 4.15** Pemodelan Pembebanan Pada ETABS

- c. Output Gaya Dalam
- Momen maksimum = 936,59 kgm.





**Gambar 4.16** Bidang M Balok Tangga

- Geser maksimum = 1031,75 kg.



**Gambar 4.17** Bidang Geser Balok Tangga

- Aksial maksimum = 717,06 kg



**Gambar 4.18** Bidang Aksial Balok Tangga

- Kontrol Penampang Profil

- **Kontrol Pelat Sayap**

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- **Kontrol Pelat Badan**

$$\frac{h}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Maka, Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times F_y \\ &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 500000 \text{ kg.cm} \\ &= 5000 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

e. **Kontrol Penampang Terhadap tekuk Lateral**

$$L_b = \sqrt{t^2 + I^2} = \sqrt{18^2 + 25^2} = 30,81 \text{ cm}$$

(pengaku anak tangga)

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 2,22 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 101,51 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena  $L_b < L_p \rightarrow 30,81 \text{ cm} < 101,51 \text{ cm} \rightarrow$  Bentang pendek. Maka,  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\
 &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 500000 \text{ kg.cm} \\
 &= 5000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &\geq M_u \\
 0,9 \times M_n &\geq M_u \\
 0,9 \times 5000 &\geq 936,59 \text{ kg.m} \\
 5000 \text{ kg.m} &\geq 936,59 \text{ kg.m} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol Geser

$$V_u = 1031,75 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$\text{karena, } \frac{h_w}{t_w} < 1,10 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29,45 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

maka  $C_v = 1,00$ ; sehingga

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\
 &= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,55) \times 1 \\
 &= 14850 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \rightarrow 14850 \text{ kg} \geq 1031,75 \text{ kg (OK)}$$

g. Persamaan Interaksi Tekan Lentur

$$L = \sqrt{225^2 + 180^2} = 288,14 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,7 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$\lambda = K_c \times L = 0,7 \times 288,14 = 201,7$$

$$f_c = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,7 \times 288,14}{2,22}\right)^2} = 2388,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{2388,86} = 1,05$$

Karena  $\frac{f_y}{f_e} = 1,05 \leq 2,25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan

$$f_c = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y = 1613,28 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 1613,28 \times 27,1 \\ &= 43881,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times 43881,12 \\ &= 37299 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_e} = \frac{717,06}{37299} = 0,019 < 0,2 \text{ maka gunakan rumus}$$

$$\frac{P_r}{P_e} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{717,06}{37299} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{936,59}{3825} + 0 \right) = 0,22 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

#### h. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{288,14}{240} = 1,2$$

$$f = 0,675 \text{ cm (dari hasil analisa ETABS)}$$

$$f \text{ ETABS} \leq f_{ijin} \text{ (OK)}$$

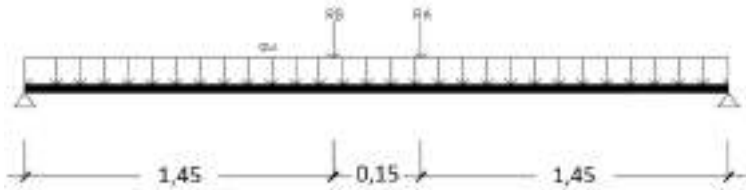
#### 4.3.4 Balok Penumpu Tangga

Balok penumpu tangga direncanakan dengan menggunakan profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan data sebagai berikut:

A	= 27,2 cm <sup>2</sup>	i <sub>x</sub>	= 8,23 cm
w	= 21,32 kg/m	i <sub>y</sub>	= 2,22 cm
d	= 200 mm	r	= 11 mm
b <sub>f</sub>	= 100 mm	Z <sub>x</sub>	= 200 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub>	= 5,5 mm	S <sub>x</sub>	= 184 cm <sup>3</sup>
t <sub>f</sub>	= 8 mm	h	= d-2(t <sub>f</sub> +r)
I <sub>x</sub>	= 1840 cm <sup>4</sup>		= 162 mm
I <sub>y</sub>	= 134 cm <sup>4</sup>		

##### 1. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi R<sub>a</sub> dan R<sub>b</sub> yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.19** Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 1148 \text{ kg (Output SAP Balok Tangga)}$$

$$R_b = 1113 \text{ kg (Output SAP Balok Tangga)}$$

Beban merata (q)

$$\text{Beban dinding} = 1,8 \times 250 = 450 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan 10\%} = 45 \text{ kg/m} +$$

$$q = 495 \text{ kg/m}$$

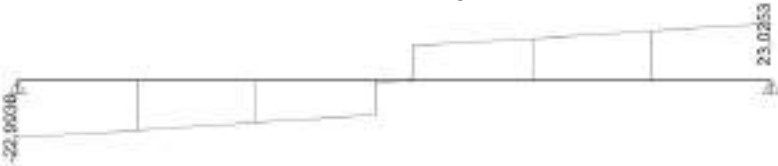
## 2. Output Gaya Dalam

- Momen maksimum = 2685,93 kgm.



**Gambar 4.20** Bidang M Balok Penumpu Tangga

- Geser Maksimum = 2302,53 kg



**Gambar 4.21** Bidang Geser Balok Penumpu Tangga

## 3. Kontrol Penampang Tekuk Lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6,25 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang sayap kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 29,45 \leq 106,35 \rightarrow \text{Penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, Maka  $M_p = M_n$ ,

$$M_p = M_n = Z_x \times F_y$$

$$\begin{aligned}
 &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 500000 \text{ kg.cm} \\
 &= 5000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 5000 \geq 2687,89 \text{ kg.m}$$

$$4500 \text{ kg.m} \geq 2687,89 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 135 cm

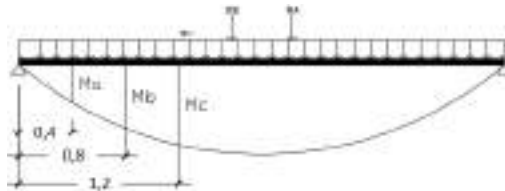
Didapatkan dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$ ,

$$L_p = 110,512 \text{ cm}$$

$$L_r = 361,127 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$  Bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$



**Gambar 4.22** Posisi  $M_a$ ,  $M_b$ ,  $M_c$  Balok Penumpu Tangga

Momen yang didapat dari aplikasi ETABS 2015 :

$$M_A = 860,58 \text{ kgm} \quad X_A = 400,325 \text{ mm}$$

$$M_B = 1626,2 \text{ kgm} \quad X_B = 800,65 \text{ mm}$$

$$M_C = 2296,83 \text{ kgm} \quad X_C = 1200,975 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = 2685,93 \text{ kgm} \quad X_{\max} = 1601,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \\
 &= \frac{12,5 \times 2685,93}{2,5 \times 2685,93 + 3 \times 860,58 + 4 \times 1626,2 + 3 \times 2296,93} \leq 2,3
 \end{aligned}$$

$$= 1,48 \leq 2,3$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\ &= 1,48 \times \left( 500000 - (500000 - 0,7 \times 2500 \times 184) \times \left( \frac{145 - 110,5}{375,74 - 110,5} \right) \right) \\ &= 705538,1 \text{ kg.cm} = 7055,4 \text{ kg.m} \\ M_n &= 7055,4 \text{ kg.m} > M_p = 5000 \text{ kg.m} \\ \text{Maka dipakai } M_n &= M_p = 5000 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 5000 \text{ kg.m}$$

$$= 4500 \text{ kg.m} > M_u = 2685,93 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

5. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$V_u = 2302,53 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5,5} = 29,45 ; 1,1 \sqrt{K_v \cdot \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{200000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{Karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{K_v \cdot \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29,45 \leq 69,57$$

Maka  $C_v = 1,00$  ; sehingga

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,55) \times 1 = 8250 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 8250 = 7425 \text{ kg}$$

$$= 7425 \text{ kg} \geq V_u = 2302,53 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

6. Kontrol Lendutan

$$L = 305 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{305}{240} = 1,27$$

$$f_{terjadi} = \left( \frac{5}{384} \times \frac{q_u \times L^4}{E \times I_x} \right)$$



$$= \left( \frac{5}{384} \times \frac{495 \times 10^{-2} \times 145^4}{2 \times 10^6 \times 1840} \right) = 0,00774$$

$$0,00774 < 1,27$$

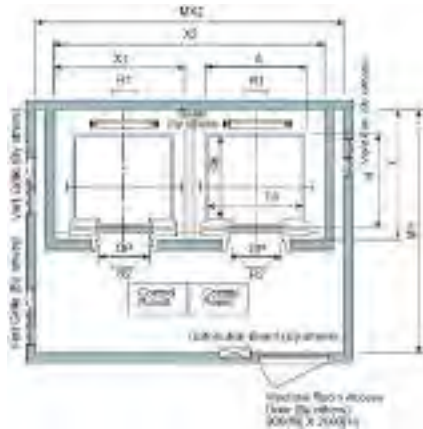
$f_{\text{terjadi}} \leq f_{\text{ijin}}$  (**OK**)

Karena dari hasil perencanaan perbedaan jenis tangga dari ketinggian mendekati hasil dari perencanaan diatas maka data-data hasil perencanaannya jenis tangga yang lain dapat mengikuti hasil data perencanaan diatas.

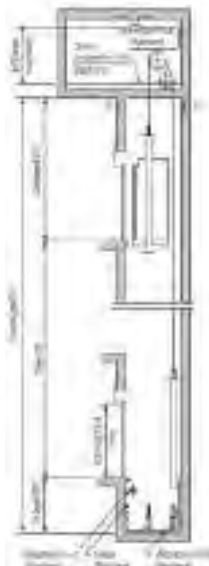
#### 4.4 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sesuai brosur sebagai berikut :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 15 Orang / 1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur  
(*hoistway inside*) 2 *Car* : 4550 x 2400 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  - Internal : 1600 x 1550 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 1700 x 1770 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 *Car*) : 5500 x 4700 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - $R_1 = 12810 \text{ kg}$
  - $R_2 = 6950 \text{ kg}$



**Gambar 4.23** Denah *Lift*



**Gambar 4.24** Potongan Melintang *Lift*

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13, dengan data- data sebagai berikut:

$A$	$= 84,12 \text{ cm}^2$	$i_x$	$= 16,8 \text{ cm}$
$w$	$= 66,03 \text{ kg/m}$	$i_y$	$= 4,54 \text{ cm}$
$d$	$= 400 \text{ mm}$	$r$	$= 16 \text{ mm}$
$b_f$	$= 200 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 1286 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 8 \text{ mm}$	$S_x$	$= 1190 \text{ cm}^3$
$t_f$	$= 13 \text{ mm}$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$I_x$	$= 23700 \text{ cm}^4$		$= 256 \text{ mm}$
$I_y$	$= 1740 \text{ cm}^4$		

a. Pembebanan pada balok penggantung *lift*

- Beban mati

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 66.03 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan, dll}(10\%) = 6.60 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 72.63 \text{ kg/m}$$

- Beban merata ultimate

$$q_U = 1.4 q_D$$

$$= 1.4 (72.63) = 101.68 \text{ kg/m}$$

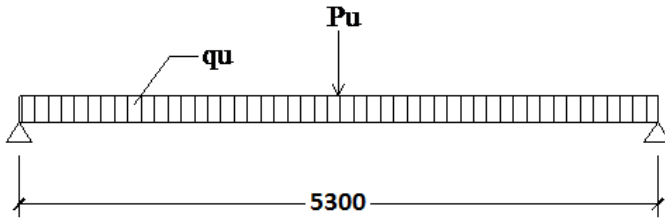
- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-*driven*, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$R_A = R_1. \text{ KLL} = 12810 \times (1 + 50\%) = 19215 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2. \text{ KLL} = 6950 \times (1 + 50\%) = 10425 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penggantung *lift*



**Gambar 4.25** Model Pembebanan Balok Penggantung *Lift*

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned}
 R_a = R_b &= \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} \times P_u \\
 &= \frac{1}{2} \times 101,686 \times 5,3 + \frac{1}{2} \times 19215 \\
 &= 9876,968 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L \\
 &= \frac{1}{8} \times 101,686 \times 5,3^2 + \frac{1}{4} \times 19215 \times 5,3 \\
 &= 25816,92 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_u = R_a = 9876,968 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7.69$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7.69 \leq 10.75 \rightarrow$  penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42.75 \leq 106.35 \rightarrow$  penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1286 = 3215000 \text{ kgcm}$   
 $= 32150 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.9 \times 32150 \\ &= 28935 \text{ kg.m} > 25816,92 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
 $(L_b = 530 \text{ cm}).$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 4,55 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 226,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &\approx \sum \frac{bt^3}{3} = \frac{1}{3} \left( (2b_f t_f^3) + ((d - 2t_f) t_w^3) \right) \\
 &= \frac{1}{3} \left( (2 \cdot 200 \cdot 13^3) + ((400 - 2 \cdot 13) \cdot 8^3) \right) \\
 &= 35,68 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$S_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{h t_w}{b_f t_f} \right)}} = \frac{200}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \frac{400 \cdot 8}{200 \cdot 13} \right)}} = 5,26 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

C = 1 , Penampang I simetris

Lr = 656,20 cm,

$L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow 226,5 \text{ cm} \leq 530 \text{ cm} \leq 656,2 \text{ cm} \rightarrow \text{Bentang menengah}$

- Karena bentang menengah, maka ,

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C \\
 &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) \\
 &= 9876,968 \times (5,3/4) - 101,686 \times (5,3/4) \times (5,3/8) \\
 &= 12997,72 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_{\max} \\
 &= 25816,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 25816,92}{2,5 \times 25816,92 + 3 \times 12997,72 + 4 \times 25816,92 + 3 \times 12997,72} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,31 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1,31 \left[ 3215000 - (3215000 - 0,7 \times 2500 \times 1190) \left( \frac{530 - 226,5}{656,2 - 226,5} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 3780989,4 \text{ cm} > M_p$$

Karena nilai  $M_n$  bentang menengah melebihi nilai  $M_p$ , maka nilai yang dipakai adalah nilai  $M_p$  sebagai perencanaan.

- Cek kemampuan penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.9 \times 32150 \\ &= 28935 \text{ kgm} > 25816,92 \text{ kgm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$V_u = 9876,97$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75; 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42,75 \leq 69,57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (40 \times 0.8) \times 1.00 = 48000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.9 \times 48000 \\ &= 43200 \text{ kg} > 9876,97 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 530 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{530}{360} = 2,21 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_{terjadi} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I_x} + \frac{p \times l^3}{48 \times E \times I_y}$$

$$f_{\text{terjadi}} = \frac{5}{384} \times \frac{0,726 \times 530^4}{2 \times 10^6 \times 23700} + \frac{19215 \times 530^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 1174}$$

$$f_{\text{terjadi}} = 1,273 \text{ cm}$$

$$f_{\text{terjadi}} < f_{\text{ijin}} = 1,273 < 2,21 \text{ (OK)}$$

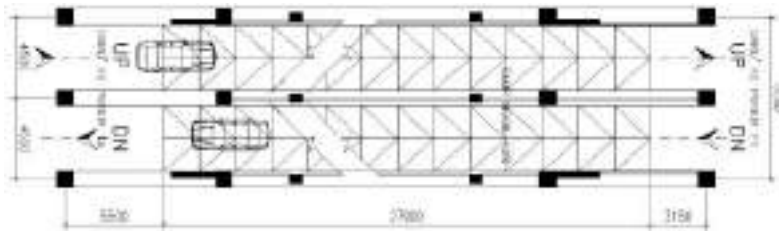
## 4.5 Perencanaan Ramp

Ramp merupakan sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain.

### 4.5.1 Perencanaan Pelat Ramp

1) Data teknis:

- Mutu baja = BJ 41
- Tinggi antar lantai/ramp = 320 cm
- Panjang ramp = 2700 cm
- Lebar ramp = 450 cm
- Lebar bordes Ramp = 320 cm
- Kemiringan tangga( $\alpha$ ) =  $\arctan\left(\frac{320}{2700}\right) = 6,76^\circ$



**Gambar 4.26** Denah Ramp

Peraturan pembebanan pada struktur pelat ramp menggunakan SNI 1727:2013 dan ASCE 2002.

a) Beban Mati (Tabel C3-1. ASCE 2002)

- Berat aspal + spesi = 78,12 kg/m<sup>2</sup>
- Berat Steel Deck = 10,1 kg/m<sup>2</sup> +



$$q_{Dtotal} = 88,82 \text{ kg/m}^2$$

b) Beban Hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$\text{- Lantai P1-P3} \quad q_{LP1-P3} = 192 \text{ kg/m}^2$$

c) Beban Berguna

$$\begin{aligned} \text{- } q &= q_D + q_L \\ &= 88,22 + 192 \\ &= 280,22 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2 \\ &\text{(mengikuti brosur)} \end{aligned}$$

d) Data-data Perencanaan Pelat Bondek

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negative dengan satu baris penyangga, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 3 m
- Beban berguna = 400 kg/m<sup>2</sup>
- Tulangan negatif = 3,25 cm<sup>2</sup>/m
- Tebal pelat beton = 0,10 m
- Digunakan tulangan = Ø 10

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

- $n = \frac{\text{Luas yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$
- $n = \frac{3,25}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{3,25}{\frac{1}{4}\pi \cdot 1^2} = 4,14 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{5+1} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- Tulangan susut digunakan tulangan Ø 8 (As = 0,503 cm<sup>2</sup>)

$$d = t_p - \text{selimut beton} - \frac{\phi_{tul.utama}}{2}$$

$$d = 100 - 20 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Digunakan besi tulangan fy 480 Mpa

$$\rho_{min} = 0,002 \quad (\text{SNI 2847-2013 Pasal 14.3.3 (c)})$$

Maka,  $A_{s\min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,0020 \times 1000 \times 76$   
 $= 152 \text{ mm}^2$

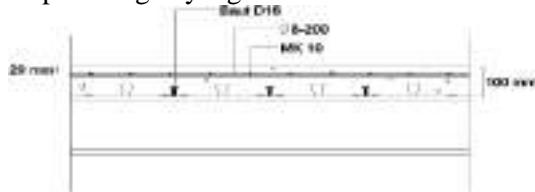
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap tinjauan 1 meter

$$n_{tul} = \frac{A_{s\min}}{A_{s1-tul}} = \frac{152}{50,24} = 3,025 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Jarak antar tulangan  $s = \frac{1000}{5-1} = 250 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$

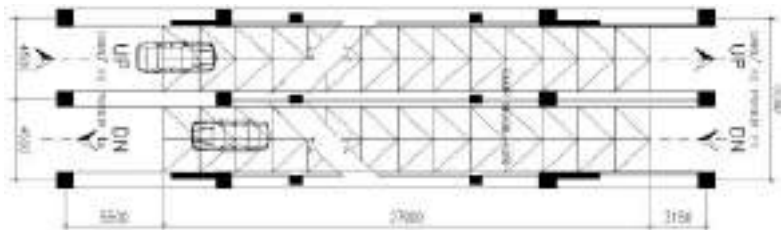
Maka, untuk pelat lantai 20 ukuran 8,825 m x 6m dipasang wiremesh MK10 dan tulangan susut Ø8-200 mm.

- Untuk penulangan ukuran plat 20 yang lain menggunakan jenis penulangan yang sama.



**Gambar 4.27** Penulangan Bondek Ramp

#### 4.5.2 Perencanaan Bordes Ramp



**Gambar 4.28** Denah Bordes Ramp

##### 1. Pelat Bordes

- Data Pelat Bordes ramp
  - Tebal pelat bordes ramp  $= 100 \text{ mm}$
  - Berat jenis beton  $= 2400 \text{ kg/m}^3$
  - Mutu baja BJ 41,  $f_y$   $= 2500 \text{ kg/cm}$
  - Lebar ramp  $= 4,5 \text{ m}$

- Lebar bordes ramp  $= 3,2 \text{ m}$
- $\frac{1}{2}$  lebar bordes ramp  $= 1,2 \text{ m}$
  
- b. Perencanaan Pembebanan Pelat Bordes
  - **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,1 \times 4,5 \times 2400 &&= 1080 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung } 10\% &&&= \underline{108 \text{ kg/m}} + \\ & && q_D &&= 1188 \text{ kg/m} \end{aligned}$$
  - **Beban Hidup**

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 4,5 = 1350 \text{ kg/m}$$
  - **Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$** 

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1188 \times 1,6^2 = 380,2 \text{ kg.m} \\ M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1350 \times 1,6^2 = 432 \text{ kg.m} \end{aligned}$$
  - **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$** 

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2M_D + 1,6M_L \\ &= 1,2 \times 380,2 + 1,6 \times 432 \\ &= 1147,39 \text{ kg.m} \end{aligned}$$
  - **Kontrol Momen Lentur**

$$\begin{aligned} Z_x &= \frac{1}{4} \times b \times h^2 = \frac{1}{4} \times 450 \times 10^2 = 11250 \text{ cm}^3 \\ \phi M_n &= 0,9.Z_x.f_y = 0,9.11250.2500 = 25312500 \text{ kg.cm} \\ &= 253125 \text{ kg.m} \\ \text{Syarat, } \phi M_n &> M_u \rightarrow 253125 \text{ kg.m} > 1147,39 \text{ kg.m} \text{ (OK)} \end{aligned}$$
  - **Kontrol Lendutan**

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{L}{240} = \frac{1,6}{240} = 0,7 \text{ cm} \\ I_x &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 450 \times 10^3 = 3750 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qdl \times qll}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left( \frac{1188 \times 1350}{100} \right) \times 1,6^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 37500} = 0,00004 \text{ cm}$$

Maka,  $f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,00004 \text{ cm} < 0,7 \text{ cm (OK)}$

## 2. Perencanaan Balok Bordes ramp

Direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan data sebagai berikut:

A = 46,78 cm <sup>2</sup>	i <sub>x</sub> = 12,41 cm
w = 36,72 kg/m	i <sub>y</sub> = 3,3 cm
d = 300 mm	r = 13 mm
b <sub>f</sub> = 150 mm	Z <sub>x</sub> = 522 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub> = 6,5 mm	Z <sub>y</sub> = 104 cm <sup>3</sup>
t <sub>f</sub> = 9 mm	S <sub>x</sub> = 481 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub> = 7210 cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> = 68 cm <sup>3</sup>
I <sub>y</sub> = 508 cm <sup>4</sup>	h = d - 2(tf + r)
	= 256 mm

### a) Perencanaan pembebanan balok bordes

#### - **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,1 \times 1,6 \times 2400 &&= 384 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} &&&= 36,7 \text{ kg/m} + \\ &&&= 420,7 \text{ kg/m} + \\ \text{Alat penyambung 10\%} &&&= 42,7 \text{ kg/m} + \\ &&&= 462,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$q_D$

#### - **Beban Hidup**

$$\text{Lantai bordes} = 300 \text{ kg/m}^2 \text{ (PPIUG 1987)}$$

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,6 = 480 \text{ kg/m}$$

#### - **Perhitungan Gaya Dalam**

$$V_D = \frac{1}{2} \times qd \times L = \frac{1}{2} \times 462,8 \times 4,5 = 1041,28 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times qd \times L^2 = \frac{1}{8} \times 462,8 \times 20,25 = 1171,44 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times ql \times L = \frac{1}{2} \times 480 \times 4,5 = 1080 \text{ kg}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times ql \times L^2 = \frac{1}{8} \times 480 \times 20,25 = 1215 \text{ kg.m}$$

- **Perhitungan Kombinasi Pembebanan  $M_u$  dan  $V_u$**

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2 \times V_D + 1,6 \times V_L \\ &= 1,2 \times 1041,28 + 1,6 \times 1080 \\ &= 2977,538 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 \times M_D + 1,6 \times M_L \\ &= 1,2 \times 1171,44 + 1,6 \times 1215 \\ &= 3349,73 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- **Kontrol Penampang**

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow 39,38 < 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times F_y \\ &= 522 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1305000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$= 13050 \text{ kg.m}$$

- **Cek Kemampuan Penampang**

$$\begin{aligned}\emptyset M_n &= 0,9 \times M_n \\ &= 0,9 \times 1305000 \text{ kg.cm} \\ &= 1174500 \text{ kg.cm} \\ &= 11745 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u \rightarrow 11745 \text{ kg.m} \geq 3349,73 \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Kuat Geser**

$$V_u = 2977,538 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{143,5}{6,5} = 22,08 < 260$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,1 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \frac{2 \times 10^5}{250}} = 69,57$$

$$\text{Maka, } C_v = 1,00$$

$$\begin{aligned}V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (30,0,65) \cdot 1 \\ &= 29250 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 29250 \text{ kg} \\ &= 26325 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Syarat, } \emptyset V_n > V_u \rightarrow 26325 \text{ kg} > 2977,538 \text{ kg (OK)}$$

- **Kontrol Lendutan**

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{450}{240} = 1,88 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qdl \times qll}{100} \right) \times I^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left( \frac{462,79 \times 480}{100} \right) \times 4,5^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 7210} = 0,349 \text{ cm}$$

$$\text{Kontrol, } f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,349 \text{ cm} < 1,88 \text{ cm (OK)}$$

Maka, profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dapat digunakan sebagai balok bordes pada ramp.

### 4.5.3 Perencanaan Balok Utama Ramp

Direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan data sebagai berikut:

A = 46,78 cm <sup>2</sup>	ix = 12,41 cm
w = 36,72 kg/m	iy = 3,3 cm
d = 300 mm	r = 13 mm
bf = 150 mm	Zx = 522 cm <sup>3</sup>
tw = 6,5 mm	Zy = 104 cm <sup>3</sup>
tf = 9 mm	Sx = 481 cm <sup>3</sup>
Ix = 7210 cm <sup>4</sup>	Sy = 68 cm <sup>3</sup>
Iy = 508 cm <sup>4</sup>	h = d-2(tf+r)
	= 256 mm

#### 1. Perencanaan pembebanan ramp

##### - **Beban Mati**

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= 0,1 \times 2,25 \times 2400 = 540 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung 10\%} &= \underline{54 \text{ kg/m} +} \\ q_{D1} &= 594 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

##### - **Beban Hidup**

$$\begin{aligned}q_{L1} &= 300 \times \frac{2,25}{\cos 6,76} = 680 \text{ kg/m} \\ q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \cdot 594 + 1,6 \cdot 680 \\ &= 1800,36 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

#### 2. Perencanaan pembebanan dan gaya dalam bordes ramp

##### - **Beban Mati**

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= 0,1 \times 2,25 \times 2400 = 540 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung 10\%} &= \underline{54 \text{ kg/m} +} \\ q_{D2} &= 594 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

##### - **Beban Hidup**

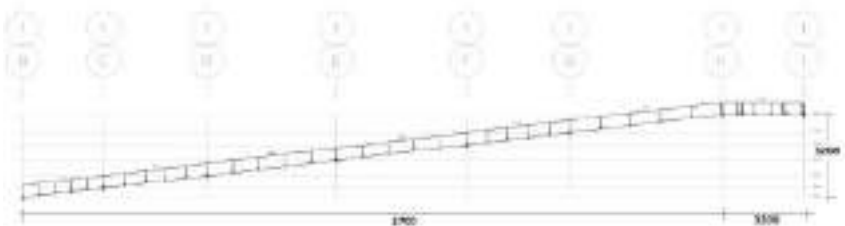
$$q_{L2} = 300 \times 2,25$$

$$\begin{aligned}
 &= 675 \text{ kg/m} \\
 q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 594 + 1,6 \cdot 675 \\
 &= 1792,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- **Beban Terpusat**

Beban terpusat akibat balok bordes ramp

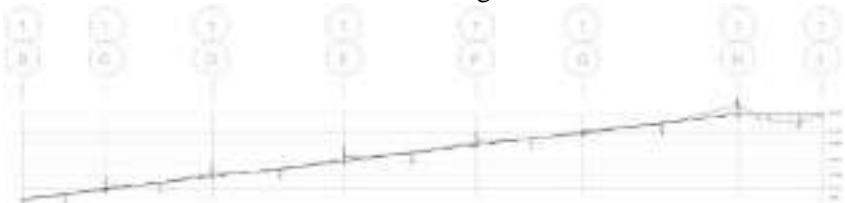
$$P_1 = 36,72 \times 2,25 = 82,62 \text{ kg}$$



**Gambar 4.29** Model Pembebanan Balok Utama Ramp

3. Output Gaya Dalam

- Momen maksimum = 3604,28 kgm.



**Gambar 4.30** Bidang M Balok Ramp

- Geser maksimum = 9687,63 kg.



**Gambar 4.31** Bidang Geser Balok Ramp

- Aksial maksimum = 219,31 kg





**Gambar 4.32** Bidang Aksial Balok Ramp

4. Kontrol Penampang Profil

- **Kontrol Pelat Sayap**

$$\frac{bf}{2 \times tf} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2 \times tf} \leq \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- **Kontrol Pelat Badan**

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Maka, Penampang kompak,  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \times F_y \\ &= 200 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 500000 \text{ kg.cm} \\ &= 5000 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

5. Kontrol Penampang Terhadap tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{t^2 + I^2} = \sqrt{320^2 + 320^2} = 452,55 \text{ cm}$$

(pengaku anak tangga)

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\
 &= 1,76 \times 3,3 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 164,28 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &\approx \sum \frac{bt}{3} = \frac{1}{3} \left( (2 \times b_f \times t_f^3) + ((d - 2 \times t_f) \times t_w^3) \right) \\
 &= \frac{1}{3} \left( (2 \times 150 \times 9^3) + ((d - 2 \times 9) \times 6,5^3) \right) \\
 &= 9,87 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$S_x = 481 \text{ cm}^3$$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \times \frac{h \times t_w}{b_f \times t_f} \right)}} = \frac{150}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1}{6} \times \frac{300 \times 6,5}{6,5 \times 9} \right)}} = 3,89 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,67 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}}$$

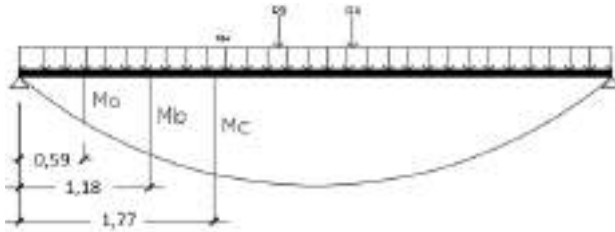
C = 1 , Penampang I simetris

$$L_r = 478,07 \text{ cm},$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow 164,28 \text{ cm} \leq 452,55 \text{ cm} \leq 478,07 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah maka :}$$

$$Mn = C_b \left[ Mp - (Mp - 0,7 f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq Mp$$



**Gambar 4.33** Posisi  $M_a$ ,  $M_b$ ,  $M_c$  Balok Penumpu Ramp

Momen yang didapat dari aplikasi ETABS 2015 :

$M_A$	$= 715,77 \text{ kgm}$	$X_A$	$= 590,625 \text{ mm}$
$M_B$	$= 2533,96 \text{ kgm}$	$X_B$	$= 1181,25 \text{ mm}$
$M_C$	$= 3118,69 \text{ kgm}$	$X_C$	$= 1771,875 \text{ mm}$
$M_{\max}$	$= 3604,28 \text{ kgm}$	$X_{\max}$	$= 2362,5 \text{ mm}$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 \times 3604,28}{2,5 \times 3604,28 + 3 \times 715,77 + 4 \times 2533,96 + 3 \times 3118,69} \leq 2,3$$

$$= 1,47 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1,48 \times \left( 1305000 - (1305000 - 0,7 \times 2500 \times 481) \times \left( \frac{452,55 - 164,28}{478,07 - 164,28} \right) \right)$$

$$= 1292706,8 \text{ kg.cm} = 12927,1 \text{ kg.m}$$

$$M_n = 12927,1 \text{ kg.m} < M_p = 13050 \text{ kg.m}$$

Maka dipakai  $M_n = 12927,1 \text{ kg.m}$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 12927,1 \geq 3604,28 \text{ kg.m}$$

$$11634,36 \text{ kg.m} \geq 3604,28 \text{ kg.m (OK)}$$

6. Kontrol Geser

$$V_u = 9687,63 \text{ kg}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$k_v = 5 \text{ (SNI 1729:2015, Pasal G2.1)}$$

$$1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{200000}{250}} = 69,57$$

$$\text{karena, } \frac{h_w}{t_w} < 1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39,38 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

maka  $C_v = 1,00$ ; sehingga

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,6 f_y A_w C_v \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,65) \times 1 \\ &= 26325 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow 26325 \text{ kg} \geq 9687,63 \text{ kg (OK)}$$

7. Persamaan Interaksi Tekan Lentur

$$L = \sqrt{320^2 + 320^2} = 452,55 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,7 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$\lambda = K_c \times L = 0,7 \times 452,55 = 316,78$$

$$f_c = \frac{\pi^2 \times E}{\left( \frac{KL}{r_{\min}} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left( \frac{0,7 \times 452,55}{3,3} \right)^2} = 2139,888 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{2139,888} = 1,17$$

Karena  $\frac{f_y}{f_e} = 1,17 \leq 2,25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan

$$f_c = \left( 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) \times f_y = 1533,12 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 1533,12 \times 46,78 \\ &= 71719,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times 71719,33 \\ &= 60961,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_e} = \frac{219,31}{60961,43} = 0,004 < 0,2 \text{ maka gunakan rumus}$$

$$\frac{P_r}{P_e} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{219,31}{60961,43} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{3604,28}{3825} + 0 \right) = 0,841 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

#### 8. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{288,14}{240} = 1,2$$

$$f = 0,217 \text{ cm (dari hasil analisa ETABS)}$$

$$f_{ETABS} \leq f_{ijin} \text{ (OK)}$$

#### 4.5.4 Balok Penumpu Ramp

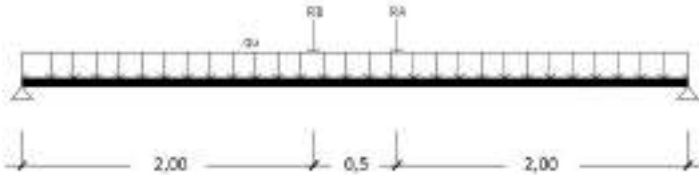
Balok penumpu Ramp direncanakan dengan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13 dengan data sebagai berikut:

A	= 84,12 cm <sup>2</sup>	ix	= 16,79 cm
w	= 66,03 kg/m	iy	= 4,55 cm
d	= 400 mm	r	= 16 mm
bf	= 200 mm	Zx	= 1286 cm <sup>3</sup>

$t_w$	$= 8 \text{ mm}$	$S_x$	$= 1185 \text{ cm}^3$
$t_f$	$= 13 \text{ mm}$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$I_x$	$= 23700 \text{ cm}^4$		$= 342 \text{ mm}$
$I_y$	$= 1740 \text{ cm}^4$		

### 1. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi  $R_a$  dan  $R_b$  yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat  $P$  yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4.34** Pembebanan Balok Penumpu Ramp

$R_a$	$= 2879 \text{ kg}$	(Output ETABS Balok Ramp)
$R_b$	$= 3322 \text{ kg}$	(Output ETABS Balok Ramp)
Beban merata ( $q$ )		
Beban dinding	$= 3,2 \times 250$	$= 800 \text{ kg/m}$
Berat sambungan 10%		$= 80 \text{ kg/m}$
$q$	$= 880$	$\text{kg/m}$

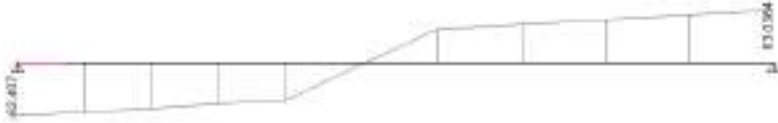
### 2. Output Gaya Dalam

- Momen maksimum = 10339,14 kgm.



**Gambar 4.35** Bidang M Balok Penumpu Ramp

- Geser Maksimum = 6338,62 kg



**Gambar 4.36** Bidang Geser Balok Penumpu Ramp

### 3. Kontrol Penampang Tekuk Lokal

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,69 \leq 10,75 \rightarrow \text{Penampang sayap kompak}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{341}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42,75 \leq 106,35 \rightarrow \text{Penampang badan kompak}$$

Karena penampang kompak, Maka  $M_p = M_n$ ,

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times F_y \\ &= 1286 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3215000 \text{ kg.cm} \\ &= 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 32150 \geq 10339,14 \text{ kg.m}$$

$$28935 \text{ kg.m} \geq 10339,14 \text{ kg.m (OK)}$$

4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 450 cm

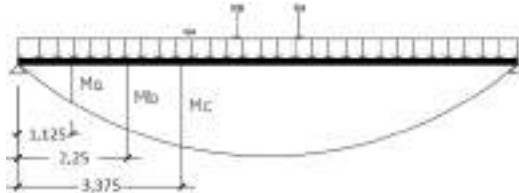
Didapatkan dari tabel  $L_p$  dan  $L_r$ ,

$L_p = 226,5$  cm

$L_r = 664,45$  cm

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$  Bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$



**Gambar 4.37** Posisi  $M_a$ ,  $M_b$ ,  $M_c$  Balok Penumpu Ramp

Momen :

$$M_A = 3656,54 \text{ kgm} \quad X_A = 1125 \text{ mm}$$

$$M_B = 6905,23 \text{ kgm} \quad X_B = 2250 \text{ mm}$$

$$M_C = 9688,18 \text{ kgm} \quad X_C = 3375 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = 10339,14 \text{ kgm} \quad X_{\max} = 4500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \\ &= \frac{12,5 \times 10339,14}{2,5 \times 10339,14 + 3 \times 3656,54 + 4 \times 6905,23 + 3 \times 9688,18} \leq 2,3 \\ &= 1,38 \leq 2,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\ &= 1,38 \times \left( 3215000 - (3215000 - 0,7 \times 2500 \times 1185) \times \left( \frac{450 - 226,5}{664,45 - 226,5} \right) \right) \\ &= 3638740,3 \text{ kg.cm} = 36387,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



$$M_n = 36387,4 \text{ kg.m} > M_p = 32150 \text{ kg.m}$$

Maka dipakai  $M_n = M_p = 32150 \text{ kg.m}$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset M_n \geq M_u$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 32150 \text{ kg.m}$$

$$= 28935 \text{ kg.m} > M_u = 10339,14 \text{ kg.m} \text{ (OK)}$$

5. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$V_u = 6338,62 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75 ; 1,1 \sqrt{K_v \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{Karena } \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{K_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42,75 \leq 69,57$$

Maka  $C_v = 1,00$  ; sehingga

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,8) \times 1 = 24000 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 24000 = 21600 \text{ kg}$$

$$= 21600 \text{ kg} \geq V_u = 6338,62 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

6. Kontrol Lendutan

$$L = 450 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{450}{240} = 1,88$$

$$f_{terjadi} = \left( \frac{5}{384} \times \frac{q_u \times L^4}{E \times I_x} \right)$$

$$= \left( \frac{5}{384} \times \frac{880 \times 10^{-2} \times 450^4}{2 \times 10^6 \times 237000} \right) = 0,099$$

$$0,099 < 1,88$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} \text{ (OK)}$$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

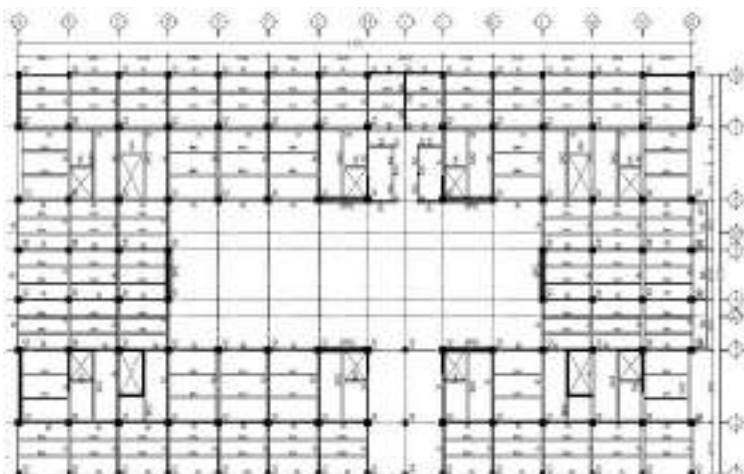
## **BAB V**

### **PEMODELAN STRUKTUR**

#### **5.1 Pemodelan Struktur**

Pemodelan struktur pada modifikasi bangunan gedung ini menggunakan sistem EBF (*Eccentrically Braced Frames*). Fungsinya sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa.

Struktur yang direncanakan memiliki fungsi sebagai Apartement. Memiliki 20 lantai yang terdiri dari lantai parkir lantai apartement dan lantai atap Berikut merupakan denah struktur bangunan yang di modifikasi:



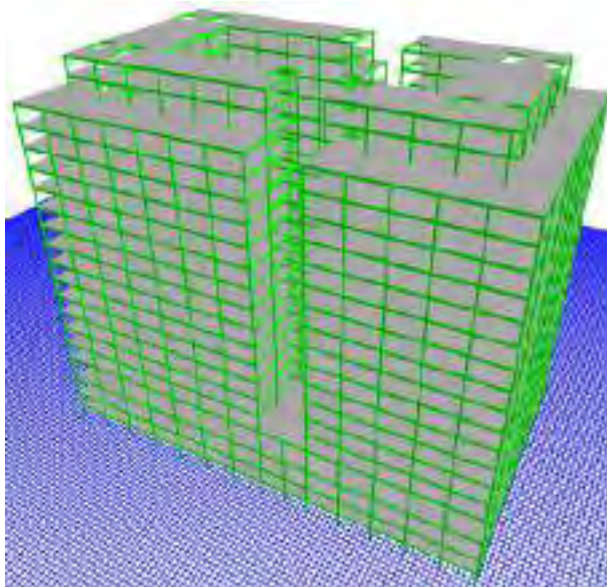
**Gambar 5.1** Denah Struktur Apartement Bale Hinggil

Untuk penempatan bracing direncanakan menggunakan K-split EBF yang dipasang di tengah bangunan dengan 2 bentang berbeda. Untuk arah melintang panjang bentang sebesar 3,4 m sedangkan untuk arah memanjang 7 m.

Pemodelan struktur Gedung Apartement Bale Hinggil ini dilakukan menggunakan program bantu ETABS 2015. Pada ETABS 2015, struktur gedung dimodelkan sesuai dengan kondisi

yang sesungguhnya. Program ini membantu dalam perhitungan yang di gunakan untuk mengkontrol struktur gedung apakah telah memenuhi syarat pada SNI 1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Struktrur Bangunan Gedung dan Non Gedung) serta SNI 1729-2915 (Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural).

Pemodelan yang sudah dilakukan dalam program ETABS 2015 ditunjukkan pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Model 3 Dimensi Apartement Bale Hinggil

## **5.2 Pembebanan Struktur Utama**

Pembebanan struktur berdasarkan pada peraturan PPIUG 1987, SNI 1727-2013 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain) dan ASCE 7-2002 dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati pada struktur terdiri dari beban sendiri bangunan (didapat dari ETABS 2015) dan beban mati tambahan seperti beban dinding dan beban merata. Berikut ini merupakan rincian beban mati pada struktur:

- a. *Ducting* Mekanikal (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Mechanical Duct Allowance*) =  $19,1 \text{ kg/m}^2$
- b. Lapisan Aspal (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Asphalt Shingles*) =  $10 \text{ kg/m}^2$
- c. Beban plafon (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Acoustical fiberboard*) =  $10 \text{ kg/m}^2$
- d. Beban Keramik+Spesi (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Ceramic or quarry tile 19mm on 13 mm mortar bed*) =  $77 \text{ kg/m}^2$
- e. Beban dinding (SNI 1727:2013 pasal 4.32) =  $72 \text{ kg/m}^2$

Beban mati yang dihitung pada struktur ini tertera sebagai berikut:

- a. Pelat Lantai 20
 

- Berat Bondek	$= 10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon	$= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung	$= 10 \text{ kg/m}^2$
- Berat ducting+plumbing	$= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$
$q_D$	$= 44,2 \text{ kg/m}^2$
- Sambungan dll (10%)	$= 4,4 \text{ kg/m}^2 +$
$q_{D\text{total}}$	$= 48,6 \text{ kg/m}^2$
- b. Pelat Lantai 4-19
 

- Berat Bondek	$= 10,1 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon	$= 5 \text{ kg/m}^2$
- Berat penggantung	$= 10 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik+spesi	$= 77 \text{ kg/m}^2$
- Berat ducting+plumbing	$= 19,1 \text{ kg/m}^2 +$
$q_D$	$= 121,2 \text{ kg/m}^2$
- Sambungan dll (10%)	$= 12,12 \text{ kg/m}^2 +$
$q_{D\text{total}}$	$= 133,32 \text{ kg/m}^2$
- c. Pelat Lantai P1-P3

- Berat Bondek	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafon	=	5	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Aspal	=	10	kg/ m <sup>2</sup>
- Berat penggantung	=	10	kg/m <sup>2</sup>
- Berat keramik+spesi	=	77	kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting+plumbing	=	19,1	kg/m <sup>2</sup> +
$q_D$	=	131,2	kg/m <sup>2</sup>
- Sambungan dll (10%)	=	13,12	kg/m <sup>2</sup> +
$q_{Dtotal}$	=	143,32	kg/m <sup>2</sup>

d. Berat Sendiri Profil Baja

Berat sendiri profil baja sudah dihitung otomatis oleh program bantu ETABS 2015 pada perencanaan struktur utama.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban Hidup pada struktur bersifat tidak menumpu pada struktur bangunan. Beban hidup yang bekerja pada hotel ini adalah:

a. Lantai Lantai 20

Beban hidup atap (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = 96 kg/m<sup>2</sup>

b. Lantai Lantai 4-19

Ruang publik dan koridor yang melayani mereka (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = 479 kg/m<sup>2</sup>

c. Lantai Lantai P1-P3

Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan Bus (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = 192 kg/m<sup>2</sup>

3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Kota Surabaya merupakan wilayah gempa zona sedang sesuai zona wilayah gempa konstruksi apartement tersebut. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini menggunakan analisa beban gempa dinamik, dengan menggunakan parameter sesuai SNI 03-1726-2012.

### 5.2.1 Berat Total Bangunan

Berat dari beban bangunan merupakan total dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup berasal dari penggunaan fungsi bangunan. Berat bangunan tersaji dalam tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Rekapitulasi Berat Bangunan

LANTAI	Berat (kg)		
	BEBAN MATI	BEBAN HIDUP	TOTAL
DASAR	8.128		8.128
1	1.942.063	654.579	2.596.642
2	2.061.523	708.364	2.769.886
3	2.471.813	815.842	3.287.655
4	2.678.754	2.019.590	4.698.343
5	1.724.812	1.324.794	3.049.606
6	1.662.582	1.261.817	2.924.399
7	1.662.582	1.261.817	2.924.399
8	1.662.582	1.261.817	2.924.399
9	1.662.582	1.261.817	2.924.399
10	1.662.582	1.261.817	2.924.399
11	1.662.582	1.261.817	2.924.399
12	1.662.582	1.261.817	2.924.399
13	1.662.582	1.261.817	2.924.399
14	1.662.582	1.261.817	2.924.399
15	1.662.582	1.261.817	2.924.399
16	1.662.582	1.261.817	2.924.399
17	1.662.582	1.261.817	2.924.399
18	1.662.582	1.261.817	2.924.399
19	901.184	642.955	1.544.138
ATAP	752.095	147.715	899.810
JUMLAH			<b>56.871.403,8</b>

**Tabel 5.2** Berat Bangunan Program ETABS

<b>TABLE: Base Reactions</b>			
<b>Load</b>	<b>FX</b>	<b>FY</b>	<b>FZ</b>
<b>Case/Combo</b>	kgf	kgf	kgf
DEAD++	0	0	7.595.701
DEAD	0	0	24.361.900
LIVE	0	0	23.433.358
RSX Max	1.609.226	532.160	-
RSY Max	437.969	1.609.209	-
D+L	0	0	<b>55.390.960,5</b>

Dari hasil analisa ETABS didapatkan total berat bangunan dari kombinasi 1D sebesar 56.871.403,8 kg. Dengan maksimal selisih 5% dari hasil perhitungan manual dibandingkan dengan perhitungan ETABS 2015, sebagai berikut:

Selisih perhitungan antara manual dan ETABS 2015 :

$$56.871.403,8 - 55.390.960,5 = 1.480.443,30 \text{ kg.}$$

$$\frac{1.480.443,3}{56.871.402,5} \times 100\% = 2,6 \leq 5\%$$

Maka pemodelan bangunan dianggap mendekati bangunan aslinya.

### 5.2.2 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI-1726-2012 sebagai berikut:

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL  $\pm$  1.0E + 1.0LL
- 0.9 DL  $\pm$  1.0E



Keterangan:

DL = Beban mati

LL = Beban hidup

E = Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Dua kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja. Sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa.

### 5.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Pada modifikasi struktur gedung ini mempunyai ketinggian 72,55 meter dengan 14 lantai Apartement, 4 lantai parkir, 1 lantai Lobby dan 1 lantai atap. Perhitungan beban gempa pada struktur ini mengacu pada SNI 03-1726-2012 menggunakan analisis respon dinamik sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

#### 5.3.1 Klasifikasi Tanah

Untuk mengetahui klasifikasi tanah ada pada kategori tertentu maka dilakukan test penetrasi tanah (SPT) sesuai data tanah daerah cikarang yang menjadi lokasi modifikasi struktur gedung asrama President University. Berikut merupakan perhitungan  $\bar{N}$  rata-rata untuk menentukan jenis tanah pada tabel 5.2 Nilai  $\bar{N}$  untuk Penentuan Jenis Tanah:

- $\bar{N} \geq 50$  = Tanah Keras
- $15 \leq \bar{N} < 50$  = Tanah Sedang
- $\bar{N} < 15$  = Tanah Lunak

**Tabel 5.3** Nilai  $\bar{N}$  untuk Penentuan Jenis Tanah

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	Tebal/N
Lapisan 1	0,00	-	0,00	-
Lapisan 2	2,50	2,50	1,00	2,50
Lapisan 3	5,50	3,00	2,00	1,50
Lapisan 4	8,50	3,00	1,00	3,00

Lapisan 5	11,50	3,00	7,00	0,43
Lapisan 6	14,50	3,00	14,00	0,21
Lapisan 7	17,50	3,00	18,00	0,17
Lapisan 8	20,50	3,00	23,00	0,13
Lapisan 9	23,50	3,00	18,00	0,17
Lapisan 10	26,50	3,00	35,00	0,09
Lapisan 11	29,50	3,00	50,00	0,06
Lapisan 12	32,50	3,00	50,00	0,06
Lapisan 13	35,50	3,00	48,00	0,06
Lapisan 14	38,50	3,00	50,00	0,06
<b>Total</b>		<b>38,50</b>		<b>8,43</b>

$$\tilde{N} = \frac{38,5}{8,43} = 4,56 \rightarrow 15 > \tilde{N} < 50, \text{ Termasuk tanah lunak.}$$

Dari perhitungan nilai  $\tilde{N}$  didapatkan jenis **tanah lunak**.

### 5.3.2 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.1.2 bahwa lantai dengan dek metal yang diberi penutup *topping* beton dapat dianggap kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

### 5.3.3 Arah Pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodik. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :

- 100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

#### 5.3.4 Parameter Respon Spektrum Rencana

Pada penentuan respon spectrum rencana digunakan SNI 1726-2012 dengan beberapa parameter yang harus ditentukan, berikut merupakan parameter yang ditentukan sesuai peraturan:

1. Kategori Resiko Bangunan Gedung  
Sesuai dengan tabel 1 SNI 1726-2012, untuk asrama termasuk dalam Kategori Risiko II.
2. Faktor Keutamaan  
Sesuai dengan tabel 2 SNI 1726-2012, setelah didapatkan gedung termasuk risiko II maka ditentukan Faktor Keutamaan Gempa  $I_e = 1,0$ .
3. Kategori Desain Seismik  
Sesuai dengan klasifikasi tanah yang telah ditentukan sebelumnya, kota Surabaya memiliki klasifikasi tanah **SE** jenis tanah sedang sesuai dengan Tabel 3 SNI 1726-2012
4. Parameter Percepatan Gempa  
Berdasarkan pada gambar 9 dan 10 peta zona gempa SNI 1726-2012 kota Surabaya memiliki nilai sebagai berikut:  
 $S_s = 0,7g$   
 $S_1 = 0,25g$
5. Faktor Koefisien Situs  
Sesuai dengan tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai sebagai berikut:  
 $F_a = 1,3$  (Interpolasi linier)  
 $F_v = 3$  (Interpolasi linier)
6. Percepatan Spektral Desain  
Sebelum menghitung percepatan spectral desain, dihitung dulu parameter spectrum respons percepatan peroida pendek ( $S_{MS}$ ) dan peroida 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs sesuai dengan perumusan (5) dan (6) pada SNI 1726-2012 sebagi berikut:

$$\begin{aligned}
S_{MS} &= F_a \times S_s = 1,3 \times 0,7g = 0,91 \\
S_{MI} &= F_v \times S_I = 3 \times 0,25g = 0,75 \\
S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,6067 \\
S_{DI} &= \frac{2}{3} \times S_{MI} = \frac{2}{3} \times 0,75 = 0,5
\end{aligned}$$

## 7. Parameter Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.2 tabel 9 didapat nilai parameter struktur untuk rangka baja bresing eksentrik dengan system ganda rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan maka didapatkan nilai parameter struktur sebagai berikut:

$$R^a = 8$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_d^b = 4$$

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.4 Kategori Desain Seismik dengan batasan tinggi struktur 48m sampai 72m sistem struktur rangka baja bresing eksentrik dirancang kategori desain seismik D atau E.

## 8. Model respon Spektrum

Untuk mengetahui grafik respon spectrum rencana sesuai dengan pasal 6.4 SNI 1726-2012 sebagai berikut:

### a. Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{DI}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,5}{0,6067} = 0,1648 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} = \frac{0,5}{0,6067} = 0,8242 \text{ detik}$$

### b. Respon Spektrum Percepatan Saat $T < T_0$

$$S_a = \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right), \text{ maka dicoba saat } T = 0 \text{ detik}$$

$$S_a \text{ adalah } S_a = \left( 0,4 + 0,6 \frac{0}{0,1648} \right) = 0,2427$$

### c. Respon Spektrum Percepatan Saat $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0,6067g$$

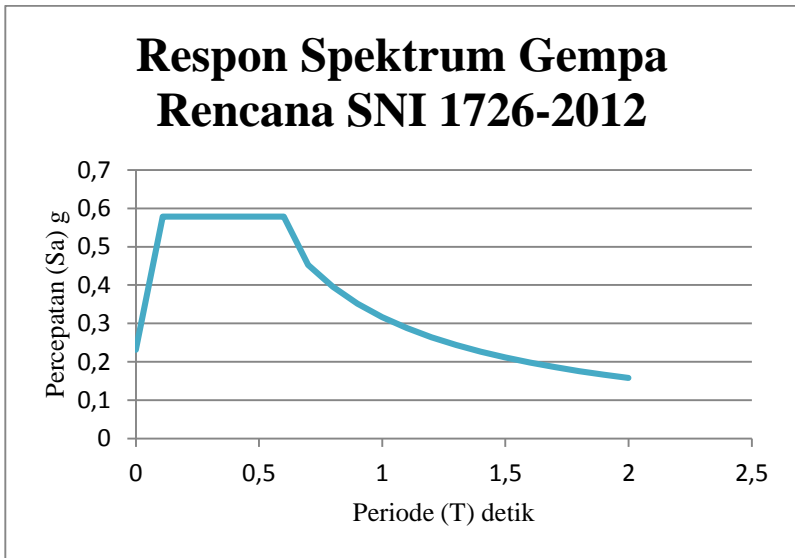
- d. Respon Spektrum Percepatan Saat  $T \geq T_s$  Karena  $T_s$  didapat nilai 0,8242 detik maka dicoba  $T = 0,9$  detik untuk menentukan percepatan desain respon spectra ( $S_a$ ) yaitu:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,5}{0,9} = 0,56 \text{ detik}$$

Untuk selanjutnya nilai periode fundamental (T) dan nilai respon spectra ( $S_a$ ) akan ditabelkan pada Tabel 5.4

**Tabel 5.4** Nilai T dan  $S_a$

T (detik)	$S_a$
0	0,2427
0,165	0,6067
0,200	0,6067
0,300	0,6067
0,400	0,6067
0,500	0,6067
0,600	0,6067
0,700	0,56
0,800	0,63
0,900	0,56
1,000	0,50
1,100	0,45
1,200	0,42
1,300	0,38
1,400	0,36
1,500	0,33
1,600	0,31
1,700	0,29
1,800	0,28
1,900	0,26
2,000	0,25



**Gambar 5.3** Grafik Spektrum Percepatan Gempa Wilayah Surabaya

Nilai respon spektrum yang telah didapatkan harus dikalikan dengan *scale factor* yang besarnya:

$$SF = q \cdot I_e / R$$

Dimana:

- $g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s)
- $I_e$  = Faktor Keutamaan Gempa berdasarkan kategori resiko gempa (1,0)
- $R$  = Koefisien modifikasi respon

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama

harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

Maka dari itu, untuk 100% dari beban gempa:

$$\text{Skala faktor 100\%} = 100\% \times g \times \frac{I}{R} = 1 \times 9,81 \times \frac{1}{8} = 1,226$$

Untuk 30% dari beban gempa :

$$\text{Skala faktor 30\%} = 30\% \times g \times \frac{I}{R} = 0,3 \times 9,81 \times \frac{1}{8} = 0,368$$

Nilai redam struktur baja (*damping ratio*) = 0,05.

## 5.4 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS 2015, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol waktu getar alami fundamental
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

### 5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90%

dari massa asli dari masing-masing arah. Karenanya digunakan bantuan program ETABS 2015 untuk mengeluarkan partisipasi massa seperti Tabel 5.4 berikut ini:

**Tabel 5.5** Rasio Partisipasi Massa

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>				
<b>Case</b>	<b>Mode</b>	<b>Period</b>	<b>Sum UX</b>	<b>Sum UY</b>
		sec		
Modal	1	1,829	0,7281	0
Modal	2	1,639	0,7281	0,7234
Modal	3	1,438	0,7282	0,7235
Modal	4	0,587	0,8456	0,7235
Modal	5	0,525	0,8456	0,8489
Modal	6	0,461	0,8456	0,8489
Modal	7	0,323	0,8906	0,8489
Modal	8	0,288	0,8906	0,8935
Modal	9	0,253	0,8906	0,8935
Modal	10	0,214	0,9151	0,8935
Modal	11	0,194	0,9151	0,9177
Modal	12	0,173	0,9151	0,9177
Modal	13	0,154	0,9329	0,9177
Modal	14	0,141	0,9329	0,9351
Modal	15	0,13	0,9329	0,9351
Modal	16	0,116	0,9484	0,9351
Modal	17	0,108	0,9484	0,9502
Modal	18	0,102	0,9484	0,9502
Modal	19	0,091	0,9606	<b>0,9502</b>
Modal	20	0,086	<b>0,9606</b>	0,9619

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa untuk arah X sebesar 96,06% pada modal ke 20 dan partisipasi massa arah Y



sebesar 95,19% pada modal ke 19. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

#### 5.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental ( $T$ ) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari  $T_a = C_t \cdot h_n^x$ .

Nilai  $T_a$  di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

Struktur gedung modifikasi memiliki tinggi 72,55 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan Sitem pengaku bresing eksentrik sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

- $C_t = 0,0488$
- $x = 0.75$
- $h_n = 72,55 \text{ m}$

maka :

Menghitung Periode Fundamental Perkiraan

$$\begin{aligned} - T_a &= 0.0731 \times 72,55^{0.75} \\ &= 1,817 \text{ s} \end{aligned}$$

Menghitung Batas Atas Periode Struktur

Nilai  $C_u = 1,4$  didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012 atau Tabel 3.11, maka :

$$- C_u \times T_a = 1,4 \times 1,817 = 2,544 \text{ s}$$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur ( $T$ ) yang digunakan:

- Jika  $T_c > C_u \times T_a$  maka digunakan  $T = C_u \times T_a$
- Jika  $T_a < T_c < C_u \times T_a$  maka digunakan  $T = T_c$
- Jika  $T_c < T_a$  maka digunakan  $T = T_a$

Keterangan :

$T_c$  : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Dari hasil analisa program bantu ETABS maka didapat

$T_c = 1,829$  s,  $T_a = 1,817$  s dan  $C_u \times T_a = 2,544$  s,

karena  $T_a < T_c < C_u \times T_a$  maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah  **$T_c = 1,829$  s.**

Dan dari tabel 5.4 di atas didapat  $T$  tower sebesar  **$1,829$  s.** Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai  $T$  masih lebih kecil dari  $C_u \times T$ . Jadi analisis struktur gedung masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

### 5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik.

$V = C_s \times W$  (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1)

$$C_{s \text{ perlu}} = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{0,6067}{8/1} = 0,0758$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_{s1} = \frac{S_{D1}}{T \times \left(R/I_e\right)} = \frac{0,5}{1,829 \times \left(8/1\right)} = 0,0342$$

$$C_{s2} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,5 \times 1 = 0,0267 \geq 0,01 \text{ (Ok)}$$

Kontrol :

1.  $C_{s \text{ perlu}} \leq C_{s1} = 0,0758 \geq 0,0342 \rightarrow$  digunakan  $C_s = 0,0342$
2.  $C_{s \text{ perlu}} \geq C_{s2} = 0,0758 \geq 0,0267 \rightarrow$  digunakan  $C_s = 0,0758$

Dari kedua hasil perhitungan diatas, apabila digunakan  $C_s = 0,0758$  maka kontrol 1 tidak OK. Sehingga digunakan  **$C_s = 0,0342$**

### 5.4.4 Kontrol Akhir Base Reaction

Pada analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung pada kombinasi 1D+1L adalah 55.390.960,5. Maka:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \times W \\
 &= 0,0342 \times 55.390.960,5 \text{ kg} \\
 &= 1.892.802,061 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pada analisis ETABS didapatkan nilai gaya geser (*base shear*)

**Tabel 5.6** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
RSX	643900,74	213049,44
RSY	193275,96	709776,96

Selanjutnya dilakukan kontrol untuk arah X dan Y:

1. Untuk gempa arah X

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 643.900,74 \text{ kg} &\geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg} \\
 643.900,74 \text{ kg} &< 1.608.881,75 \text{ kg} \text{ (Not Ok)}
 \end{aligned}$$

2. Untuk gempa arah Y

$$\begin{aligned}
 V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\
 709.776,96 \text{ kg} &\geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg} \\
 709.776,96 \text{ kg} &< 1.608.881,75 \text{ kg} \text{ (Not Ok)}
 \end{aligned}$$

Dari hasil kontrol gempa arah X dan Y masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Menurut Pasal 11.1.4 SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.2 dijelaskan jika gaya geser dasar hasil analisi kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala arah X dan Y sebagai berikut:

1. Arah X

$$\text{Faktor} = \frac{85\% \times V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamikaX}}} = \frac{1.608.881,75}{643.900,74} = 2,50$$

$$U1 = \left( g \times \frac{1}{R} \right) \times 2,50 = \left( 9,81 \times \frac{1}{8} \right) \times 2,50 = 3,0640$$

$$U2 = 30\% \times \left( 9,81 \times \frac{1}{8} \right) \times 2,50 = 0,9192$$

## 2. Arah Y

$$\text{Faktor} = \frac{85\% \times V_{\text{statik}}}{V_{\text{dinamikaX}}} = \frac{1.608.881,75}{709.776,96} = 2,27$$

$$U1 = 30\% \times \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 2,27 = 0,8339$$

$$U2 = \left(g \times \frac{1}{R}\right) \times 2,27 = \left(9,81 \times \frac{1}{8}\right) \times 2,27 = 2,7796$$

Setelah mendapatkan faktor skala, maka dimasukan kembali faktor U1 dan U2 arah X dan Y, lalu di running ulang maka didapatkan gaya seperti pada Tabel 5.7

**Tabel 5.7** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Dikali Faktor Skala

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
RSX	1609226,32	532160,3
RSY	437969,36	1609209,55

Dilakukan kontrol ulang terhadap gempa arah X dan Y sebagai berikut:

## 1. Untuk gempa arah X

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1.609.226,32 \text{ kg} \geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg}$$

$$1.609.226,32 \text{ kg} > 1.608.881,75 \text{ kg (Ok)}$$

## 2. Untuk gempa arah Y

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1.609.209,55 \text{ kg} \geq 85\% \times 1.892.802,061 \text{ kg}$$

$$1.609.209,55 \text{ kg} > 1.608.881,75 \text{ kg (Ok)}$$

Dari hasil kontrol diatas didapatkan bahwa analisis struktur memenuhi syarat SNI 1726-2012 pasal 7.8.

### 5.4.5 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\delta x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana,

$\delta_{xe}$  = Defleksi pada lantai ke x yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (5,5)

$I_e$  = Faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$

$\rho$  = Faktor redudansi (1,0)

**Tabel 5.8** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah -X

Lantai	hi	$\delta_{xe}$	$\delta x$	$\Delta$	$\Delta a$	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai Atap	3150	98,93	247,33	3,47	63	63	OK
Lantai 19	3600	97,54	243,86	5,11	72	72	OK
Lantai 18	3600	95,50	238,75	6,61	72	72	OK
Lantai 17	3600	92,86	232,14	7,91	72	72	OK
Lantai 16	3600	89,69	224,23	12,05	72	72	OK
Lantai 15	3600	84,87	212,18	7,64	72	72	OK
Lantai 14	3600	81,81	204,53	11,64	72	72	OK
Lantai 13	3600	77,16	192,90	12,71	72	72	OK
Lantai 12	3600	72,08	180,19	13,67	72	72	OK
Lantai 11	3600	66,61	166,52	14,54	72	72	OK
Lantai 10	3600	60,79	151,98	15,34	72	72	OK
Lantai 9	3600	54,66	136,64	16,09	72	72	OK
Lantai 8	3600	48,22	120,55	16,71	72	72	OK

Lantai 7	3600	41,54	103,84	17,15	72	72	OK
Lantai 6	3600	34,68	86,69	17,31	72	72	OK
Lantai 5	3600	27,75	69,38	17,16	72	72	OK
Lantai 4	5000	20,89	52,22	23,39	100	100	OK
Lantai 3	4000	11,53	28,83	15,86	80	80	OK
Lantai 2	3200	5,19	12,97	9,08	64	64	OK
Lantai 1	3200	1,56	3,90	3,90	64	64	OK

**Tabel 5.9** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah –Y

Lantai	hi	$\delta x_e$	$\delta x$	$\Delta$	$\Delta a$	$\Delta a/p$	$\Delta \leq \Delta a/p$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai Atap	3150	81,05	202,63	4,04	63	63	OK
Lantai 19	3600	79,44	198,59	5,36	72	72	OK
Lantai 18	3600	77,29	193,23	6,08	72	72	OK
Lantai 17	3600	74,86	187,15	6,97	72	72	OK
Lantai 16	3600	72,07	180,18	8,16	72	72	OK
Lantai 15	3600	68,81	172,02	8,58	72	72	OK
Lantai 14	3600	65,38	163,44	9,68	72	72	OK
Lantai 13	3600	61,50	153,76	10,46	72	72	OK
Lantai 12	3600	57,32	143,30	11,17	72	72	OK
Lantai 11	3600	52,85	132,13	11,80	72	72	OK
Lantai 10	3600	48,13	120,34	12,34	72	72	OK
Lantai 9	3600	43,20	107,99	12,81	72	72	OK
Lantai 8	3600	38,07	95,19	13,18	72	72	OK
Lantai 7	3600	32,80	82,01	13,45	72	72	OK
Lantai 6	3600	27,42	68,56	13,58	72	72	OK
Lantai 5	3600	21,99	54,98	13,53	72	72	OK
Lantai 4	5000	16,58	41,45	18,44	100	100	OK

Lantai 3	4000	9,20	23,01	12,52	80	80	OK
Lantai 2	3200	4,20	10,49	7,28	64	64	OK
Lantai 1	3200	1,29	3,21	3,21	64	64	OK

Maka, dari hasil kontrol pada Tabel 5.8 sampai tabel 5.9 simpangan arah X dan Y didapatkan hasil analisis memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

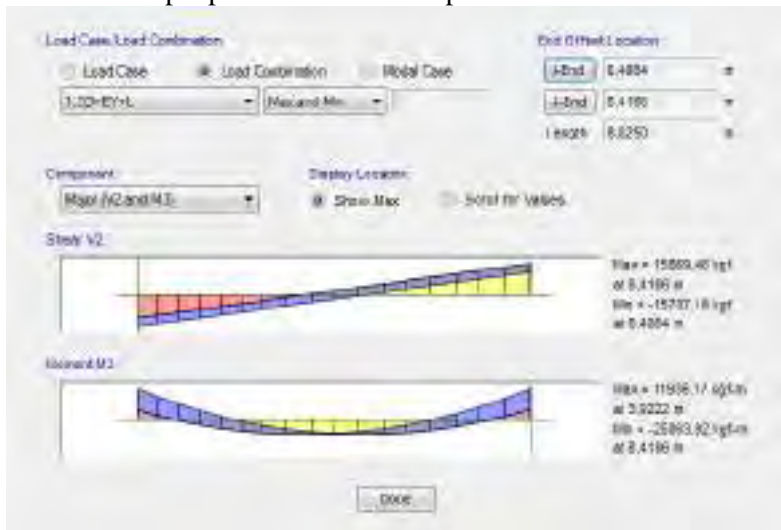
### 6.1 Analisa Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS 2015, maka tahap selanjutnya adalah dengan melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729-2002.

### 6.2 Perencanaan Struktur Balok

#### 6.2.1. Balok Induk Lantai P1-P3 bentang 8,825 m

Berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk (BI 1) pada lantai P1-P3. Dari hasil ETABS 2015 dari kombinasi terbesar terdapat pada lantai P1-P3 diperoleh:



**Gambar 6.1** Hasil Gaya Dalam ETABS 2015 Balok Utama Lantai P1-P3

$$M_u = 25063,92 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 15869,46 \text{ kg}$$

$$F^0 = 0,122 \text{ m}$$

Balok induk dengan bentang 8,825 m ini direncanakan menggunakan profil WF 400 x 300 x 10 x 16, dengan  $F_y$  250 MPa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	= 107	kg/m	$r$	= 22,00	mm
$d$	= 390	mm	$Z_x$	= 2116	cm <sup>3</sup>
$b_f$	= 300	mm	$Z_y$	= 729	cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 10	mm	$S_x$	= 1980	cm <sup>3</sup>
$t_f$	= 16	mm	$S_y$	= 483	cm <sup>3</sup>
$I_x$	= 38700	cm <sup>4</sup>	$i_x$	= 16,90	cm
$I_y$	= 7210	cm <sup>4</sup>	$i_y$	= 7,28	cm
$E$	= 200000	Mpa	$h$	= 314	mm

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol Penampang terhadap tekuk lokal  
Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2 \times t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 16} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$9,38 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{314}{10} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$31,4 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \cdot f_y = 2116 \times 2500 \\ &= 5290000 \text{ kg.cm} = 52900 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 5290000 \\ &= 4761000 \text{ kg.cm} = 47610 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
Panjang tak terkekang adalah jarak pengaku lateral  
 $L_b = 147,08 \text{ cm}$ .

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 7,28 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 362,4 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 147,08 \text{ cm} \leq 362,4 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek } M_n = M_p$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116$   
 $= 5290000 \text{ kgcm} = 52900 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 52900$   
 $= 47610 \text{ kgm} > 25063,92 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$

## 2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{314}{10} = 31,4 \leq 260 \rightarrow k_v = 5$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times_v \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 31,4 \leq 69,57$$

maka  $c_v = 1$  jadi

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (39 \times 1,6) \times 1 = 93600 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 93600$$

$$= 84240 \text{ kg} > 15869,46 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### 3. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{882,5}{360} = 2,45 \text{ cm}$$

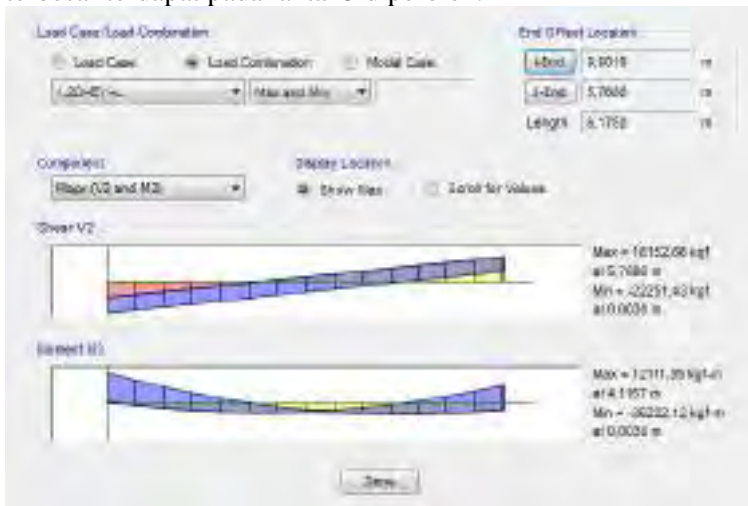
$$f_{terjadi} = 0,122 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 0,122 \text{ cm} \leq 2,45 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi Profil Balok  $400 \times 300 \times 10 \times 16$  dapat digunakan sebagai balok induk (BI 1) Lantai P1-P3

### 6.2.2. Balok Induk Lantai 4-19 Bentang 6,175 m

Berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk (BI 2) pada lantai 4-19. Dari hasil ETABS 2015 dari kombinasi terbesar terdapat pada lantai 5 diperoleh:



**Gambar 6.2** Hasil Gaya Dalam ETABS 2015 Balok Utama 4-19 (BI2)

$$M_u = 36222,12 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 22252,43 \text{ kg}$$

$$F^0 = 0,03 \text{ m}$$

Balok induk dengan bentang 6,175 m ini direncanakan menggunakan profil WF 450 x 300 x 10 x 15, dengan  $F_y$  250 MPa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	= 106	kg/m	$r$	= 24,00	mm
$d$	= 440	mm	$Z_x$	= 2287	cm <sup>3</sup>
$b_f$	= 300	mm	$Z_y$	= 681	cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 10	mm	$S_x$	= 2160	cm <sup>3</sup>
$t_f$	= 15	mm	$S_y$	= 488	cm <sup>3</sup>
$I_x$	= 46800	cm <sup>4</sup>	$i_x$	= 18,60	cm
$I_y$	= 6690	cm <sup>4</sup>	$i_y$	= 7,04	cm
$E$	= 200000	MPa	$h$	= 362	mm

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol Penampang terhadap tekuk lokal  
Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2 \times t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 15} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$10,00 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{362}{10} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$36,2 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \cdot f_y = 2287 \times 2500 \\ &= 5717500 \text{ kg.cm} = 57175 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 5717500 \\ &= 5145750 \text{ kg.cm} = 51457,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
Panjang tak terkekang adalah jarak pengaku lateral  
 $L_b = 102,92 \text{ cm}$ .

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 7,04 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 350,45 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 102,92 \text{ cm} \leq 350,45 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek } M_n = M_p$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2287$   
 $= 5717500 \text{ kgcm} = 57175 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 57175$   
 $= 51457,5 \text{ kgm} > 36222,12 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$

## 2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{362}{10} = 36,2 \leq 260 \rightarrow k_v = 5$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 1,1 \sqrt{k_v \times \frac{E}{f_y}} \rightarrow 36,2 \leq 69,57$$

maka  $c_v = 1$  jadi

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (44 \times 1,5) \times 1 = 99000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 99000$$

$$= 89100 \text{ kg} > 22252,43 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### 3. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{617,5}{360} = 1,715 \text{ cm}$$

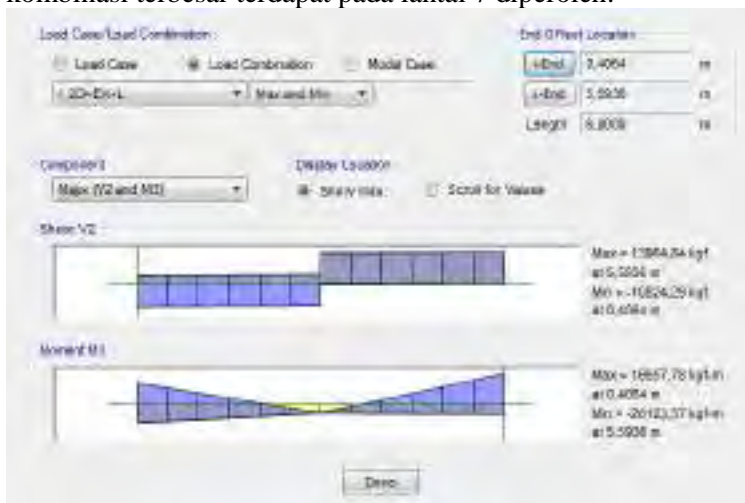
$$f_{terjadi} = 0,122 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 0,03 \text{ cm} \leq 1,715 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi Profil Beam 450 × 300 × 10 × 15 dapat digunakan sebagai balok induk (BI 2) lantai Taman

### 6.2.3. Balok Induk Lantai 4-19 Bentang 6 m

Berikut ini merupakan contoh perhitungan balok induk (BI 3) pada lantai Lantai P1-P3. Dari hasil ETABS 2015 dari kombinasi terbesar terdapat pada lantai 7 diperoleh:



**Gambar 6.3** Hasil Gaya Dalam ETABS 2015 Balok Utama 4-19 (BI3)

$$M_u = 28123,37 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 13964,84 \text{ kg}$$

$$F^0 = 0,02 \text{ m}$$

Balok induk dengan bentang 6 m ini direncanakan menggunakan profil WF 450 x 200 x 9 x 14, dengan  $F_y$  250 MPa (BJ 41), dengan data-data sebagai berikut:

$w$	= 124	kg/m	$r$	= 18,00	mm
$d$	= 450	mm	$Z_x$	= 1621	cm <sup>3</sup>
$b_f$	= 200	mm	$Z_y$	= 289	cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 9	mm	$S_x$	= 1490	cm <sup>3</sup>
$t_f$	= 14	mm	$S_y$	= 187	cm <sup>3</sup>
$I_x$	= 33500	cm <sup>4</sup>	$i_x$	= 18,60	cm
$I_y$	= 1870	cm <sup>4</sup>	$i_y$	= 4,48	cm
$E$	= 200000	MPa	$h$	= 386	mm

1. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol Penampang terhadap tekuk lokal  
Pelat Sayap

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{b}{2 \times t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 14} \leq 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$7,14 \leq 10,75 \text{ (Penampang Kompak)}$$

Pelat Badan

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{386}{10} \leq 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$42,89 \leq 106,35 \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= M_n = Z_x \cdot f_y = 1621 \times 2500 \\ &= 4052500 \text{ kg.cm} = 40525 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times M_n = 0,9 \times 4052500 \\ &= 3647250 \text{ kg.cm} = 36472,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
Panjang tak terkekang adalah panjang pengaku lateral  

$$L_b = 100 \text{ cm}$$

$$L_p = 223,02 \text{ cm}$$

$$L_r = 648,32 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$
- Karena bentang pendek maka,  $M_n = M_p$   

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 1621$$

$$= 4052500 \text{ kg.cm} = 40525 \text{ kg.m}$$
- Cek kemampuan penampang  

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 40525$$

$$= 36472,5 \text{ kgm} > 28123,37 \text{ kgm (OK)}$$

## 2. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,89 \leq 260 \rightarrow kv = 5$$

$$\lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times_v \frac{E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 1,1 \sqrt{k \times_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42,89 \leq 69,57$$

maka  $c_v = 1$  jadi

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 2500 \times (45 \times 1,4) \times 1 = 94500 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 94500$$

$$= 85050 \text{ kg} > 13964,84 \text{ kg} \quad \text{(OK)}$$

## 3. Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,67 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} = 0,122 \text{ cm}$$

$$f_{terjadi} \leq f_{ijin} = 0,02 \text{ cm} \leq 1,67 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi Profil Beam  $450 \times 200 \times 9 \times 14$  dapat digunakan sebagai balok induk (BI 3) lantai Hunian

### 6.3 Perencanaan Struktur Kolom

#### 6.3.1. Kolom P1-P3

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai P1. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS  $800 \times 800 \times 25 \times 25$  dan panjang kolom 320 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d &= 800 \text{ mm} & I_x &= 776615 \text{ cm}^4 \\ b_f &= 800 \text{ mm} & I_y &= 776615 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 25 \text{ mm} & i_x &= 31.66 \text{ cm} \\ t_f &= 25 \text{ mm} & i_y &= 31.66 \text{ cm} \\ A &= 775 \text{ cm}^2 & S_x &= 19415 \text{ cm}^3 \\ Z_x &= 22531 \text{ cm}^3 & f_y &= 250 \text{ MPa} \\ h &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis ETABS 2015 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut:

$$P_u = 1018918,89 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 68808,5 \text{ kg.m}$$

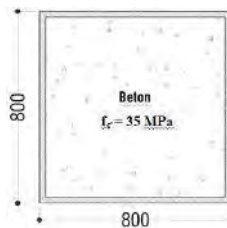
$$M_{uy} = 18741,4 \text{ kg.m}$$

Bahan :

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 35 \text{ MPa} = 3500 \text{ kg/cm}^2$$



**Gambar 6.4** Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS  $800 \times 800 \times 25 \times 25$

1. Kuat nominal tekan kolom komposit

a. Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{775}{5625 + 775} = 12,11\% \geq 4\% \quad (\text{OK})$$

b. Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3 \times E}}$$

$$t_{min} = 800 \times \sqrt{\frac{240}{3 \times 2 \times 10^5}} = 16 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

c. Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 2,26 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,26 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 16 \leq 63,92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y \times A_s + C_2 \times f_c \times \left( A_c + A_{sr} \times \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 775 + 0,85 \times 400 \times (5625 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 3610937,5 \text{ kg}$$

2. Momen nominal kolom

a. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{800}{2 \times 25} = 16$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31,68$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 16 \leq 31,68 \rightarrow$  penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 22531 = 56327500 \text{ kg.cm} \\ = 563275 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \times 563275 \\ = 506947,5 \text{ kg.m} \geq 68808,5 \text{ kg.m}$$

- b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom-d<sub>balok</sub>

$$L_b = 320 - 40 = 280 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 31,66 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 1576,04 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 280 \text{ cm} \leq 1576,04 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- c. Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 22531 = 56327500 \text{ kg.cm} \\ = 563275 \text{ kg.m}$$

- d. Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \times 563275 \\ = 506947,5 \text{ kg.m} \geq 68808,5 \text{ kg.m}$$

3. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

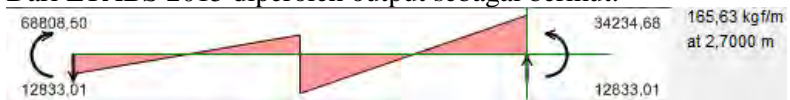
$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}}$$

a. Arah sumbu X :

Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:



**Gambar 6.5** Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom 17004

$$M_1 = 34234,68 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = 68808,5 \text{ kg.m}$$

$$M_{nt} = 165,63 \text{ kg.m}$$

$$M_{lt} = 68676,58 \text{ kg.m}$$

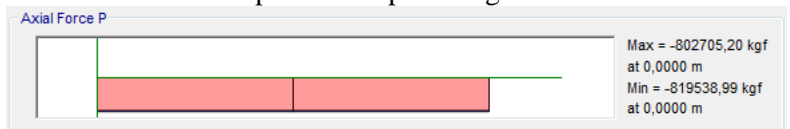
$$C_m = 0,401$$

$$P_{e1} = 149704742,62 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0,4 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0$$

Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:



**Gambar 6.6** Gambar gaya dalam axial pada kolom 17004

$$\begin{aligned}
 P_{story} &= 819538,99 \text{ kg} \\
 P_{mf} &= 802705,2 \text{ kg} \\
 R_m &= 1 - 0,15(P_{mf}/P_{story}) \\
 &= 1 - 0,15(802705,2 / 819538,99) \\
 &= 0,85 \\
 \Delta H &= 3,9 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah X)} \\
 H &= 12833,01 \text{ (geser tingkat dari gaya lateral)} \\
 L &= 3200 \text{ mm} \\
 P_{e story} &= R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,85 \times \frac{12833,01 \times 3200}{3,9} \\
 &= 8994176 \text{ kg} \\
 B_2 &= 1,1 > 1,0 \text{ maka digunakan } 1,1
 \end{aligned}$$

Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned}
 M_{rx} &= B1 \times M_{nt} + B2 \times M_{lt} \\
 &= 1 \times 165,63 + 1,1 \times 68767,58 \\
 &= 75727,3 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

b. Arah sumbu Y :

Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:

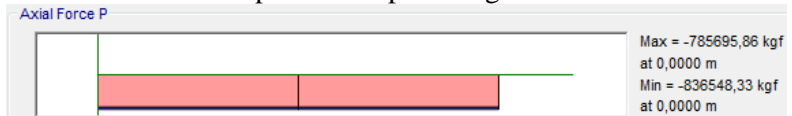


**Gambar 6.7** Gambar gaya dalam gravitasi arah X pada kolom 17004

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 9320,88 \text{ kg.m} \\
 M_2 &= 18741,4 \text{ kg.m} \\
 M_{nt} &= 48,46 \text{ kg.m} \\
 M_{lt} &= 18609,49 \text{ kg.m} \\
 C_m &= 0,4 \\
 P_{e1} &= 149704742,6 \text{ kg} \\
 B_1 &= 0,4 < 1,0 \text{ maka digunakan } 1,0
 \end{aligned}$$

Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari ETABS 2015 diperoleh output sebagai berikut:



**Gambar 6.8** Gambar gaya dalam axial pada kolom 17004

$$P_{story} = 836548,33 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 785695,86 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} R_m &= 1 - 0,15 (P_{mf}/P_{story}) \\ &= 1 - 0,15 (785695,86 / 836548,33) \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

$$\Delta H = 3,21 \text{ mm (simpangan lantai 1 arah Y)}$$

$$H = 3497,24 \text{ (geser tingkat dari gaya lateral)}$$

$$L = 3200 \text{ mm}$$

$$P_{e\ story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 0,86 \times \frac{3497,24 \times 3200}{3,21}$$

$$= 2992852 \text{ kg}$$

$$B_2 = 1,388 > 1.0 \text{ maka digunakan } 1,386$$

Momen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B1 \times M_{nt} + B2 \times M_{lt} \\ &= 1 \times 48,46 + 1,388 \times 18609,49 \\ &= 25877,59 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

c. Kuat aksial orde kedua

$$P_{nt} = 1018903,18 \text{ kg}$$

$$P_{lt} = 25426,23 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_r &= P_{nt} + B_2 \times P_{lt} \\ &= 1018903,18 + 1,388 \times 25426,23 \\ &= 1054193,638 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 4. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi \times P_n} = \frac{1054193,638}{0,9 \times 3610937,5} = 0,32 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{M_{rx}}{M_{rc}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{1054194}{3249844} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{75727,3}{506947,5} + \frac{25877,59}{506947,5} \right) = 0,5 \leq 1$$

Maka, profil HSS 800 x 800 x 25 x 25 dapat digunakan sebagai profil kolom lantai P1-P2.

## 6.4 Perencanaan Bresing

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *Link* sebesar 1,25 Ry Vn.

### 6.4.1. Bresing arah X

Bresing arah X direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 12 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 294 mm	i <sub>x</sub>	= 12,5 cm
b <sub>f</sub>	= 300 mm	i <sub>y</sub>	= 7,16 cm
t <sub>f</sub>	= 12 mm	Z <sub>x</sub>	= 1241 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub>	= 12 mm	Z <sub>y</sub>	= 557 cm <sup>3</sup>
A	= 107,7 cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	= 1150 cm <sup>3</sup>
w	= 84,5 kg/m	S <sub>y</sub>	= 365 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	= 16900 cm <sup>4</sup>	r	= 18 cm
I <sub>y</sub>	= 5520 cm <sup>4</sup>	h	= 234 mm
F <sub>y</sub>	= 250 Mpa (BJ-41)	Ag	= 107,7 cm <sup>2</sup>



$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500 \cdot (30 - 2 \cdot 1,2) \cdot 1,2) \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 48600 = 91125 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_u \text{ Tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 59^\circ} = 163170,95$$

$$P_u \text{ Tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 59^\circ} = 163170,95$$

$$P_u \text{ tekan} = 163170,95 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ Tarik} = 163170,95 \text{ kg}$$

1) Kontrol kuat momen lentur

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 12} = 12,5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{250}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{8} = 19,5$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{250}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$$

2) Kontrol kekuatan bresing

- Panjang bresing:

$$L = \sqrt{250^2 + 400^2} = 559,02 \text{ cm}$$

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{559,02}{12,5} = 44,72$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{559,02}{7,16} = 78,075$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 78,075$$

- Tegangan kritis  $F_{cr}$  ditentukan sebagai berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{78,075^2} = 3234,93 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$78,075 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$78,075 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[ 0,685 \frac{f_y}{f_e} \right] \times f_y \\ &= \left[ 0,685 \frac{2500}{3234,93} \right] \times 2500 \\ &= 1866,21 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Bressing tarik

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 1,5 \times 2500 \times 107,7 = 403875 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 \times 403875 \text{ kg} = 363487,5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u \rightarrow 363488 \text{ kg} > 163170,95 \text{ kg} \quad \textbf{(OK)}$$

- Bresing tekan

$$P_{\max} = 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr}$$

$$= 1,1 \times 1,5 \times 107,7 \times 1866,206 = 331634 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times 331634 \text{ kg} = 281888,9 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u \rightarrow 281888,9 \text{ kg} > 163170,95 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

#### 6.4.2. Bresing arah Y

Bresing arah Y direncanakan menggunakan profil WF 300 x 300 x 12 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 294 mm	i <sub>x</sub>	= 12,5 cm
b <sub>f</sub>	= 300 mm	i <sub>y</sub>	= 7,16 cm
t <sub>f</sub>	= 12 mm	Z <sub>x</sub>	= 1241 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub>	= 12 mm	Z <sub>y</sub>	= 557 cm <sup>3</sup>
A	= 107,7 cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	= 1150 cm <sup>3</sup>
w	= 84,5 kg/m	S <sub>y</sub>	= 365 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	= 16900 cm <sup>4</sup>	r	= 18 cm
I <sub>y</sub>	= 5520 cm <sup>4</sup>	h	= 234 mm
F <sub>y</sub>	= 250 Mpa (BJ-41)	A <sub>g</sub>	= 107,7 cm <sup>2</sup>

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n$$

$$= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500 \cdot (30 - 2 \cdot 1,2) \cdot 1,2)$$

$$= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 48600 = 91125 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ Tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 48,65^\circ} = 186201,73$$

$$P_u \text{ Tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{139837,5}{\sin 48,65^\circ} = 186201,73$$

$$P_u \text{ tekan} = 186201,73 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ Tarik} = 186201,73 \text{ kg}$$

1. Kontrol kuat momen lentur
  - Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 12} = 12,5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{250}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{8} = 19,5$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{250}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$$

## 2. Kontrol kekuatan bresing

- Panjang bresing:

$$L = \sqrt{391,25^2 + 500^2} = 634,883 \text{ cm}$$

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{634,883}{12,5} = 50,79$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{634,883}{7,16} = 88,67$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 88,67$$

- Tegangan kritis  $F_{cr}$  ditentukan sebagai berikut :

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{88,67^2} = 2508,001 \text{ kg / cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$88,67 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$88,67 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[ 0,685^{\frac{f_y}{f_e}} \right] \times f_y \\ &= \left[ 0,685^{\frac{2500}{2508001}} \right] \times 2500 \\ &= 1714,57 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Bressing tarik

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 1,5 \times 2500 \times 107,7 = 403875 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,9 \times 403875 \text{ kg} = 363487,5 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 363487,5 \text{ kg} > 186201,73 \text{ kg} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

- Bressing tekan

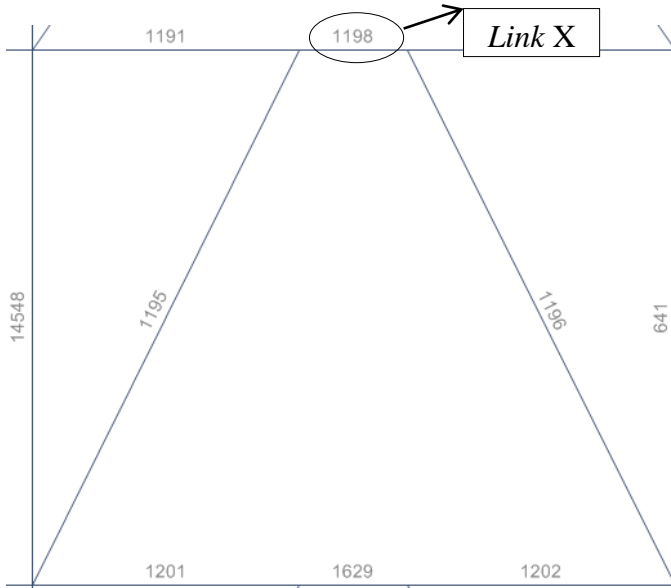
$$\begin{aligned} P_{\max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 107,7 \times 1714,57 = 304687,4 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &= 0,85 \times 304687,4 \text{ kg} = 258984,26 \text{ kg} \\ \phi_c P_n &> P_u \rightarrow 258984,3 \text{ kg} > 186201,73 \text{ kg} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

## 6.5 Balok *Link* EBF

Balok *Link* yang digunakan merupakan Balok IWF yang dipisah dari balok utama dalam sistem *Eccentrically Bracing Frames*.

### 6.5.1. Balok *Link* Arah X

Pada perhitungan *Link* arah x dipilih *Link* pada lantai 4 pada elemen 1198

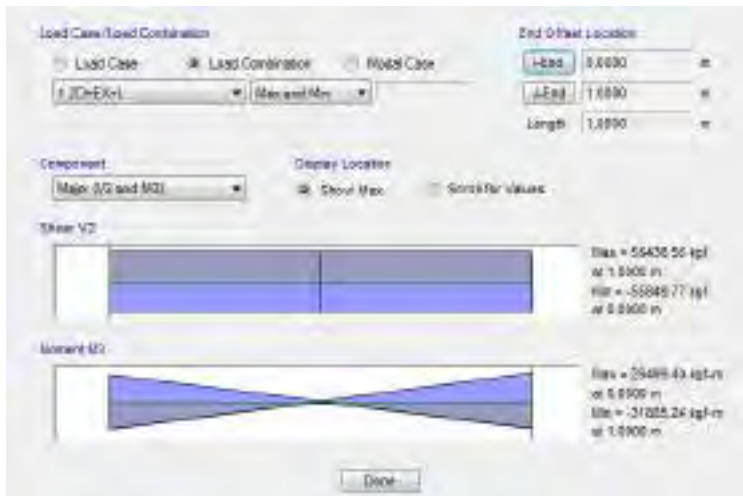


**Gambar 6.9** Element *Link* Arah X

Pada *Link* arah X direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data- data sebagai berikut:

$d$	$= 488 \text{ mm}$	$i_x$	$= 20,8 \text{ cm}$
$b_f$	$= 300 \text{ mm}$	$i_y$	$= 7,04 \text{ cm}$
$t_f$	$= 18 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 3100 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 11 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 824 \text{ cm}^3$
$A$	$= 162,5 \text{ cm}^2$	$S_x$	$= 2910 \text{ cm}^3$
$w$	$= 128 \text{ kg/m}$	$S_y$	$= 541 \text{ cm}^3$
$I_x$	$= 71000 \text{ cm}^4$	$r$	$= 26 \text{ cm}$
$I_y$	$= 8110 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(tf+r)$
$F_y$	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 400 \text{ mm}$

Hasil dari output ETABS 2015 untuk *Link* arah x diperoleh gaya dalam sebesar:



**Gambar 6.10** Hasil Gaya Dalam *Link* Arah X

$$V_u = 58425,56 \text{ kg}$$

$$M_u = 31885,24 \text{ kg}$$

$$\Delta_e = 0.12 \text{ mm}$$

1. Kontrol kuat momen lentur

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f^*}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{250}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 406250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi \times N_y} = \frac{0}{0,9 \times 406250} = 0 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{18} = 36,364$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \times \left( 1 - 1,54 \times \frac{Nu}{\phi \times Ny} \right)$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} \times (1 - 1,54 \times 0) = 86,33$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 406250 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 2. Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (48,8 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$M_{px} = f_y \times Z_x = 2500 \times 3100 = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$1,5 \cdot S_x \cdot f_y = 1,5 \cdot 2910 \cdot 2500 = 10912500 \text{ kg.cm}$$

$$M_{px} \text{ menentukan} = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n = 0,9 \cdot 74580 = 67122 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n > V_u = 67122 \text{ kg} > 58425,56 \text{ kg} \quad \textbf{(OK)}$$

## 3. Kontrol sudut rotasi *Link*

Sudut rotasi *Link*

$$1,6 \cdot M_p / V_p = 1,6 \cdot 7750000 / 74580 = 166,26 \text{ cm}$$

$$2,6 \cdot M_p / V_p = 2,6 \cdot 7750000 / 74580 = 270,18 \text{ cm}$$

$$e = 100 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p$$

Karena  $e < 1,6 \cdot M_p / V_p$ , berdasarkan SNI 03-1729-2002

Pasal 15.13.2.7  $\alpha_{maks} = 0,08 \text{ radian}$

$$\Delta = C_d \cdot \Delta_e = 4 \cdot 0,12 \text{ mm} = 0,48 \text{ mm}$$

$$\alpha = \left( \frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left( \frac{600}{100} \right) \times \left( \frac{0,048}{400} \right) = 0,00072 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{maks} \quad \textbf{(OK)}$$



### 6.5.2. Pengaku *Link* Arah X

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.3.1, Dititik pertemuan dengan batang bresing pada *Link*, harus dipasang pengaku setinggi badan *Link* dan berada di kedua sisi pelat badan *Link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari  $(b_f - 2t_f)$  dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar antara  $0,75t_w$  atau 10 mm,  $b_f$  dan  $t_w$  merupakan lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *Link*.

Untuk pengaku dengan panjang *Link*  $< 1,6 \cdot M_p / V_p$ , harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga- harga berikut:

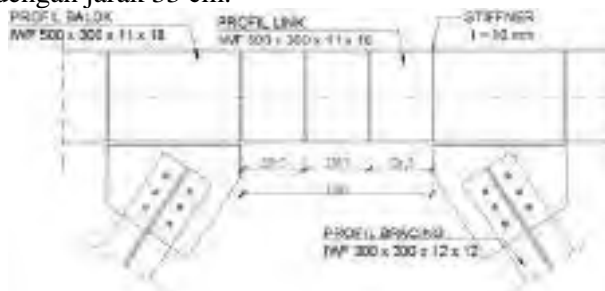
Untuk  $\alpha = 0,08$  radian

$$S = 30 \cdot t_w - d/5 = 30 \cdot 1,1 - 48,8/5 = 23,24 \text{ cm}$$

Untuk  $\alpha = 0,02$  radian

$$S = 52 \cdot t_w - d/5 = 52 \cdot 1,4 - 48,8/5 = 47,44 \text{ cm}$$

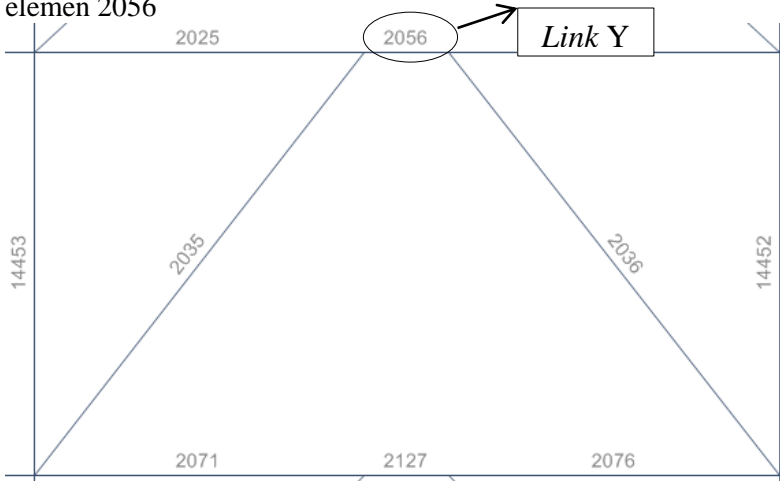
Untuk  $\alpha = 0,00072$  radian, maka Dipasang pengaku antara dengan jarak 33 cm.



**Gambar 6.11** Jarak antar pengaku *Link* Arah X

### 6.5.3. Balok *Link* Arah Y

Pada perhitungan *Link* arah Y dipilih *Link* pada lantai 4 pada elemen 2056



**Gambar 6.12** Element *Link* Arah Y

Pada *Link* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data- data sebagai berikut:

$d$	$= 488 \text{ mm}$	$i_x$	$= 20,8 \text{ cm}$
$b_f$	$= 300 \text{ mm}$	$i_y$	$= 7,04 \text{ cm}$
$t_f$	$= 18 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 3100 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 11 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 824 \text{ cm}^3$
$A$	$= 162,5 \text{ cm}^2$	$S_x$	$= 2910 \text{ cm}^3$
$w$	$= 128 \text{ kg/m}$	$S_y$	$= 541 \text{ cm}^3$
$I_x$	$= 71000 \text{ cm}^4$	$r$	$= 26 \text{ cm}$
$I_y$	$= 8110 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$F_y$	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 400 \text{ mm}$

Hasil dari output ETABS 2015 untuk *Link* arah x diperoleh gaya dalam sebesar:



**Gambar 6.13** Hasil Gaya Dalam *Link* Arah Y

$$V_u = 58170,75 \text{ kg}$$

$$M_u = 32073,26 \text{ kg}$$

$$\Delta_e = 0.01 \text{ mm}$$

1. Kontrol kuat momen lentur

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f^*}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{250}} = \frac{135}{\sqrt{250}} = 8,54$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 406250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi \times N_y} = \frac{0}{0,9 \times 406250} = 0 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{18} = 36,364$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \times \left( 1 - 1,54 \times \frac{N_u}{\phi \times N_y} \right)$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} \times (1 - 1,54 \times 0) = 86,33$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 162,5 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 406250 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 2. Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (48,8 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$M_{px} = f_y \times Z_x = 2500 \times 3100 = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$1,5 \cdot S_x \cdot f_y = 1,5 \cdot 2910 \cdot 2500 = 10912500 \text{ kg.cm}$$

$$M_{px} \text{ menentukan} = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n = 0,9 \cdot 74580 = 67122 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n > V_u = 67122 \text{ kg} > 58170,75 \text{ kg} \quad \textbf{(OK)}$$

## 3. Kontrol sudut rotasi *Link*

Sudut rotasi *Link*

$$1,6 \cdot M_p / V_p = 1,6 \cdot 7750000 / 74580 = 166,26 \text{ cm}$$

$$2,6 \cdot M_p / V_p = 2,6 \cdot 7750000 / 74580 = 270,18 \text{ cm}$$

$$e = 100 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p$$

Karena  $e < 1,6 \cdot M_p / V_p$ , berdasarkan SNI 03-1729-2002

Pasal 15.13.2.7  $\alpha_{maks} = 0,08 \text{ radian}$

$$\Delta = C_d \cdot \Delta e = 4 \cdot 0,01 \text{ mm} = 0,04 \text{ mm}$$

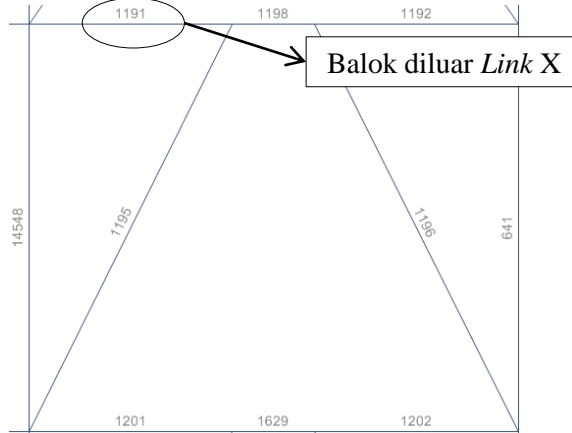
$$\alpha = \left( \frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left( \frac{600}{100} \right) \times \left( \frac{0,004}{400} \right) = 0,0001 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{maks} \quad \textbf{(OK)}$$

**Gambar 6.14** Jarak antar pengaku *Link* Arah Y

## 6.6 Balok Diluar *Link*

### 6.6.1. Balok Diluar *Link* Arah X



**Gambar 6.15** Element balok diluar *Link* Arah X

Balok diluar *Link* arah X direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18, dengan data- data sebagai berikut:

$d$	$= 488 \text{ mm}$	$i_x$	$= 20,8 \text{ cm}$
$b_f$	$= 300 \text{ mm}$	$i_y$	$= 7,04 \text{ cm}$
$t_f$	$= 18 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 3100 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 11 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 824 \text{ cm}^3$
$A$	$= 162,5 \text{ cm}^2$	$S_x$	$= 2910 \text{ cm}^3$
$w$	$= 128 \text{ kg/m}$	$S_y$	$= 782 \text{ cm}^3$
$I_x$	$= 71000 \text{ cm}^4$	$r$	$= 26 \text{ cm}$
$I_y$	$= 8110 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$F_y$	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok yang terletak diluar *Link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *Link* sebesar  $R_y \cdot V_n$ .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

$V_n$  = Kuat geser nominal *Link*, diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2M_p/e$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (50 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 = 74580 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

$$V_n \text{ menentukan} = 74580 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 74580 \\ &= 123057 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 1. Kontrol penampang

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_R = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

### 2. Kapasitas momen penampang

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 3100 \times 2500 = 7750000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7750000 \text{ kg.cm} \\ &= 6975000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

### 3. Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\alpha = \frac{L - e}{2} = \frac{600 - 100}{2} = 250$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(250/48,8)^2} = 5,19$$

$$1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,19 \times 2 \times 10^6}{2500}} = 70,88$$

$$\lambda \leq 1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} \rightarrow 36,36 < 70,88$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w R_y$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (50 \times 1,1) \times 1,5 = 120780 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 120780 \text{ kg} = 108702 \text{ kg}$$

#### 4. Kontrol interaksi geser lentur

Pada perhitungan balok diluar *Link* arah x dipilih balok pada elemen 1191 dengan  $M_u = 2652937 \text{ kg.cm}$  ( Analisa dari ETABS 2015)

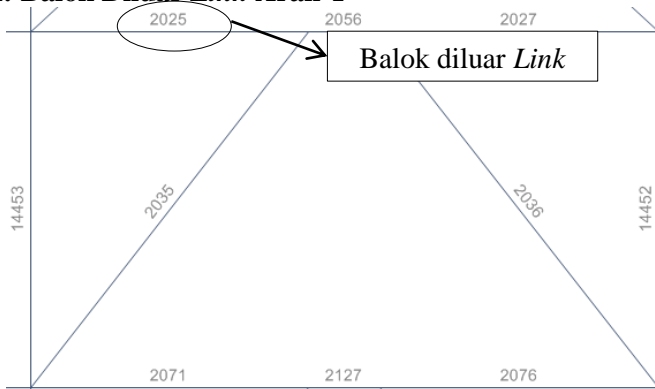
$$\frac{M_u}{\phi \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi \times V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{2652937}{6975000} + 0,625 \times \frac{123057}{108702} \leq 1,375$$

$$1,09 \leq 1,375$$

(OK)

### 6.6.2. Balok Diluar *Link* Arah Y



**Gambar 6.16** Element balok diluar *Link* Arah Y

Balok diluar *Link* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18, dengan data- data sebagai berikut:



$d$	$= 488 \text{ mm}$	$i_x$	$= 20,8 \text{ cm}$
$bf$	$= 300 \text{ mm}$	$i_y$	$= 7,04 \text{ cm}$
$tf$	$= 18 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 3100 \text{ cm}^3$
$tw$	$= 11 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 824 \text{ cm}^3$
$A$	$= 162,5 \text{ cm}^2$	$S_x$	$= 2910 \text{ cm}^3$
$w$	$= 128 \text{ kg/m}$	$S_y$	$= 782 \text{ cm}^3$
$I_x$	$= 71000 \text{ cm}^4$	$r$	$= 26 \text{ cm}$
$I_y$	$= 8110 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(tf+r)$
$F_y$	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok yang terletak diluar *Link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *Link* sebesar  $R_y \cdot V_n$ .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

$V_n$  = Kuat geser nominal *Link*, diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2M_p/e$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (50 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 = 74580 \text{ kg}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7750000 / 100 = 155000 \text{ kg}$$

$$V_n \text{ menentukan} = 74580 \text{ kg}$$

$$\text{Maka, } V_n = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 74580$$

$$= 123057 \text{ kg}$$

#### 1. Kontrol penampang

- Kontrol pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 18} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Kontrol pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 8,33$$

$$\lambda_R = \frac{170}{\sqrt{250}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_R \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

2. Kapasitas momen penampang

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 3100 \times 2500 = 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7750000 \text{ kg.cm}$$

$$= 6975000 \text{ kg.cm}$$

3. Kapasitas geser penampang

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\alpha = \frac{L-e}{2} = \frac{882,5-100}{2} = 391,25$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(391,25/48,8)^2} = 5,08$$

$$1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} = 1,1 \times \sqrt{\frac{5,08 \times 2 \times 10^6}{2500}} = 70,11$$

$$\lambda \leq 1,1 \times \sqrt{\frac{k_n \times E}{f_y}} \rightarrow 36,36 < 70,11$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w R_y$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (50 \times 1,1) \times 1,5 = 120780 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 120780 \text{ kg} = 108702 \text{ kg}$$

4. Kontrol interaksi geser lentur

Pada perhitungan balok diluar *Link* arah x dipilih balok pada elemen 2025 dengan  $M_u = 2692528 \text{ kg.cm}$  ( Analisa dari ETABS 2015)

$$\frac{M_u}{\phi \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\phi \times V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{2692528}{6975000} + 0,625 \times \frac{123057}{108702} \leq 1,375$$

$$1,09 \leq 1,375$$

**(OK)**

## BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

### 7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

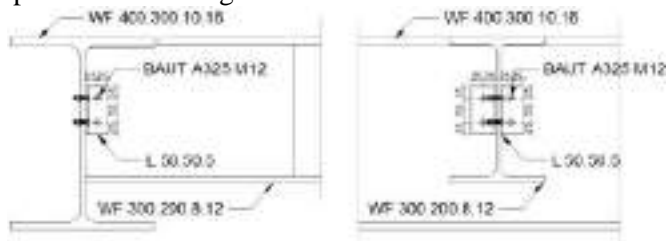
#### 7.1.1 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai P1-P3

Ada 6 jenis dimensi sambungan dari balok anak dan balok induk pada lantai bangunan ini :

**Tabel 7.1** Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lantai P1-P3

No	Balok Induk	Balok Anak
1	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 300 × 200 × 8 × 12
2	WF 400 × 200 × 8 × 13	WF 300 × 200 × 8 × 12
3	WF 400 × 200 × 8 × 13	WF 350 × 250 × 9 × 14
4	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 250 × 150 × 6 × 9
5	WF 400 × 300 × 9 × 14	WF 300 × 200 × 8 × 12
6	WF 400 × 200 × 8 × 13	WF 250 × 150 × 6 × 9

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 5920,9 kg, dengan dimensi balok anak WF 300×200×8×12 dan balok induk WF 400×300×10×16. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 50×50×5 dengan perencanaan sebagai berikut:



**Gambar 7.1** Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lantai P1-P3

## 1. Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )

## a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

## b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,9 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{5920,9}{6994,35} = 0,85 \text{ buah, dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 6994,35 \geq 5921 \text{ kg}$$

$$13988,7 \text{ kg} \geq 5921 \text{ kg (OK)}$$

## c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi } (S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut } (S) &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 50 \text{ mm}$$

## d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d_1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 25 + (3-1) \times 50 \\ &= 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 n. \phi R_n &\geq V_u \\
 2 \times 3497,2 &\geq 5921 \text{ kg} \\
 6994,4 \text{ kg} &\geq 5921 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai S1} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai S} &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter perlemahan (dengan bor)} &= 1,5 \text{ mm} \\
 d1 &= 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \\
 L &= 2 \times S1 + ((n/2)-1) \times S = 2 \times 25 + ((2/2)-1) \times 50 \\
 &= 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times tL \\
 &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\
 &= (5 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\
 &= 1,825 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 1,825) \\
 &= 6734,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &\geq V_u \\
 6734,25 \text{ kg} &> 5921 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

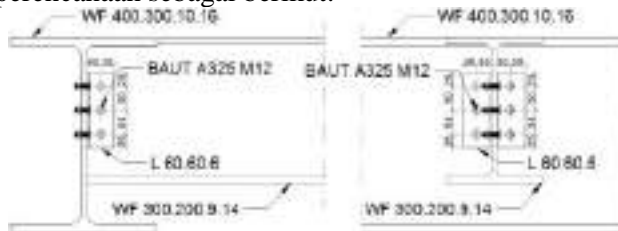
### 7.1.2 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai 4-19

Ada 7 jenis dimensi sambungan dari balok anak dan balok induk pada lantai bangunan ini :

**Tabel 7.2** Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lantai 4-19

No	Balok Induk	Balok Anak
1	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 300 × 200 × 9 × 14
2	WF 450 × 300 × 10 × 15	WF 300 × 200 × 8 × 12
3	WF 450 × 200 × 9 × 14	WF 400 × 300 × 10 × 16
4	WF 400 × 300 × 10 × 16	WF 350 × 150 × 6,5 × 9
5	WF 450 × 300 × 10 × 15	WF 300 × 200 × 8 × 12
6	WF 450 × 200 × 9 × 14	WF 250 × 125 × 6 × 9
7	WF 450 × 200 × 9 × 14	WF 400 × 300 × 10 × 16

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 9964,12 kg, dengan dimensi balok anak WF 300×200×9×14 dan balok induk WF 400×300×10×16. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60×60×6 dengan perencanaan sebagai berikut:

**Gambar 7.3** Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lantai 4-19

1. Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0,5)$$

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

## b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,9 \times 4100 \\ &= 7970,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{9964,12}{6994,35} = 1,42, \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \phi.R_n \geq V_u$$

$$3 \times 5313,6 \geq 9964,12 \text{ kg}$$

$$15940 \text{ kg} \geq 9964,12 \text{ kg (OK)}$$

## c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 50 \text{ mm}$$

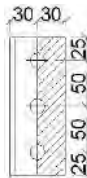
## d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 25 + (3-1) \times 50 \\ &= 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}\end{aligned}$$

## a. Luas bidang geser

**Gambar 7.4** Detail plat siku pada gelagar

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L$$

$$= (L - n \times d1) \times t \text{ siku}$$

$$= (15 - 3 \times 1,35) \times 0,6$$

$$= 6,57 \text{ cm}^2$$



- b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 6,57) \\ &= 24243,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &\geq V_u \\ 24243,3 \text{ kg} &> 9964,12 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )

- a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304 \\ &= 3497,18 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 5313,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{9964,12}{3497,18} = 2,85, \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$\begin{aligned} n \cdot \phi \cdot R_n &\geq V_u \\ 3 \times 3497,18 &\geq 9964 \text{ kg} \\ 10491,53 \text{ kg} &\geq 9964 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 36 \text{ mm s/d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai S} &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S1 + ((n/2)-1) \times S = 2 \times 25 + ((3/2)-1) \times 50 \\
 &= 75 \text{ mm} = 7,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned}
 Anv &= Lnv \times tL \\
 &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\
 &= (7,5 - 2 \times 1,35) \times 0,6 \\
 &= 3,285 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2\phi Vn &= 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 3,285) \\
 &= 12121,65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned}
 2\phi Vn &\geq Vu \\
 12121,65 \text{ kg} &> 9964 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

### 7.1.3 Balok Anak dengan Balok Induk Lantai 20

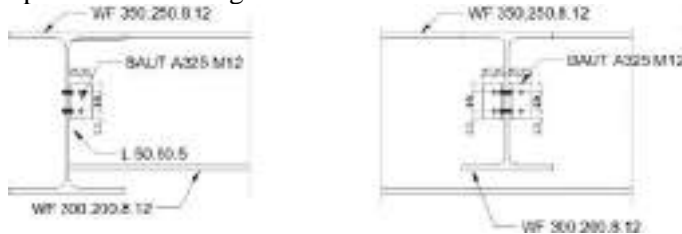
Ada 3 jenis dimensi sambungan dari balok anak dan balok induk pada lantai bangunan ini :

**Tabel 7.3** Dimensi Balok Induk dan Balok Anak Lantai 20

No	Balok Induk	Balok Anak
1	WF 350 × 250 × 8 × 12	WF 300 × 200 × 8 × 12
2	WF 400 × 300 × 9 × 14	WF 300 × 200 × 8 × 12
3	WF 400 × 300 × 9 × 14	WF 350 × 250 × 9 × 14

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 4327,18 kg, dengan dimensi balok

anak WF 300×200×8×12 dan balok induk WF 350×250×8×12. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 50×50×5 dengan perencanaan sebagai berikut:



**Gambar 7.5** Sambungan Balok Anak Dan Balok Induk Lt. 20

1. Sambungan siku dengan balok anak

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0,5)$$

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,8 \times 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$n = \frac{4327,18}{6994,35} = 0,62, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 6994,35 \geq 4327,18 \text{ kg}$$

$$13988,7 \text{ kg} \geq 4327,18 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

Jarak baut (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 36 mm s/d 75 mm atau 200 mm

Pakai S = 40 mm

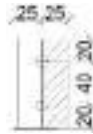
d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

d1 = 12 + 1,5 = 13,5 mm = 1,35 cm

L = 2 × S1 + (n-1) × S = 2 × 20 + (2-1) × 40  
 = 80 mm = 8 cm

a. Luas bidang geser



**Gambar 7.6** Detail plat siku pada gelagar

Anv = Lnv × tL

= (L - n × d1) × t siku

= (8 - 3 × 1,35) × 0,5

= 2,65 cm<sup>2</sup>

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

2ØVn = 2 × Ø × (0,6 × fu × Anv)

= 2 × 0,75 × (0,6 × 4100 × 2,65)

= 9778,5 kg

Kontrol kekuatan plat siku,

2ØVn ≥ Vu

9778,5 kg > 4327,18 kg (**OK**)

2. Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

Øbaut = 12 mm (Ab = 1,1304 cm<sup>2</sup>)

Mutu baut A325 (fu = 8250 kg/cm<sup>2</sup>)

Ulir tidak pada bidang geser (r1 = 0.5)

a. Kuat geser baut

Ø.Vn = Ø × r1 × fu × m × Ab

= 0,75 × 0.5 × 8250 × 1 × 1,1304

= 3497,18 kg (**menentukan**)

## b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,5 \times 4100 \\
 &= 4428 \text{ kg} \\
 n &= \frac{4327,18}{3497,18} = 1,24, \text{ dipasang 2 buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \emptyset.Rn \geq Vu$$

$$2 \times 3497,18 \geq 4327,18 \text{ kg}$$

$$6994,35 \text{ kg} \geq 4327,18 \text{ kg (OK)}$$

## c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

## d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times S1 + ((n/2)-1) \times S = 2 \times 20 + ((2/2)-1) \times 40 \\
 &= 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned}
 Anv &= Lnv \times tL \\
 &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\
 &= (6 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\
 &= 1,325 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

## b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2\emptyset Vn &= 2 \times \emptyset \times (0,6 \times fu \times Anv) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 1,325) \\
 &= 4889,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

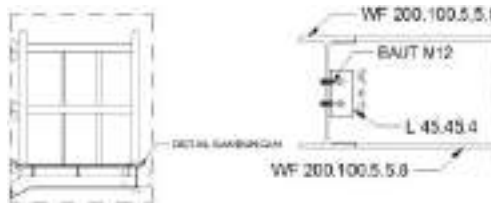
$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$4889,25 \text{ kg} > 4327,18 \text{ kg (OK)}$$

## 7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok utama tangga dan balok penumpu tangga direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 1031,75 kg, dengan dimensi balok utama tangga dan balok penumpu tangga yaitu WF 200×100×5,5×8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 45×45 x4.



**Gambar 7.7** sambungan balok utama tangga dengan penumpu tangga

### 1. Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

$$\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ 50 } (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

#### a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 4239 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi.R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 \\ &= 2160 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

$$n = \frac{1031,75}{2160} = 0,48, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi R_n \geq V_u$$

$$2 \times 2160 \geq 1031,75 \text{ kg}$$

$$4320 \text{ kg} \geq 1031,75 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 116 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 40 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d1 = 12 + 1,5 = 12,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 15 + (2-1) \times 40$$

$$= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$$

a. Luas bidang geser



**Gambar 7.8** Detail plat siku pada gelagar

$$A_{nv} = L_{nv} \times tL$$

$$= (L - n \times d1) \times t \text{ siku}$$

$$= (8 - 2 \times 1,35) \times 0,4$$

$$= 2,12 \text{ cm}^2$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$2\phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 2,12)$$

$$= 4770 \text{ kg}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$4770 \text{ kg} > 1031,75 \text{ kg (OK)}$$

2. Sambungan siku dengan balok penumpu tangga

$$\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ 50 } (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

- a. Kuat geser baut

$$\phi.V_n = \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 1 \times 1,1304$$

$$= 2119,5 \text{ kg (menentukan)}$$

- b. Kuat tumpu baut

$$\phi.R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 0,4 \times 4100$$

$$= 2160 \text{ kg}$$

$$n = \frac{1031,75}{2119,5} = 0,49 \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \phi.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 2119,5 \geq 1031,75 \text{ kg}$$

$$4239 \text{ kg} \geq 1031,75 \text{ kg (OK)}$$

- c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi } (S_1) = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 116 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut } (S) = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 60 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 40 \text{ mm}$$

- d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$



$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 20 + (2-1) \times 40 \\ = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$$

a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned} Anv &= Lnv \times tL \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (4 - 2 \times 1,35) \times 0,4 \\ &= 1,06 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi Vn &= 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 1,06) \\ &= 2385 \text{ kg} \end{aligned}$$

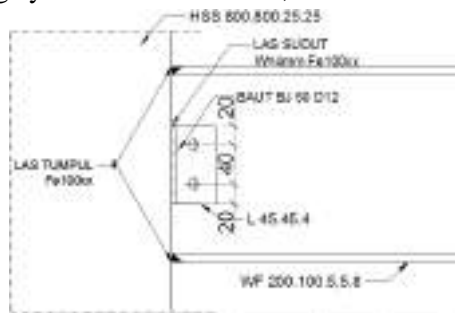
Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi Vn &\geq Vu \\ 2385 \text{ kg} &> 1031,75 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

### 7.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 2302,53 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga yaitu WF 200×100×5,5×8.



**Gambar 7.9** Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

1. Kontrol plat sambung yang digunakan

$$t_p \leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (t = \text{tebal profil HSS})$$

$$= \frac{4100}{2500} \times 2,5$$

$$= 4,1 \text{ cm}$$

Dipakai  $t_p = 0,5 \text{ cm}$

2. Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga  
Direncanakan :

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ 50 } (f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

- a. Kuat geser baut

$$\varnothing.V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 \times 1,1304$$

$$= 4239 \text{ kg (menentukan)}$$

- b. Kuat tumpu baut

$$\varnothing.R_n = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100$$

$$= 4428 \text{ kg}$$

$$n = \frac{2302,53}{4239} = 0,54, \text{ dipasang 2 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$2 \times 4239 \geq 2302,53 \text{ kg}$$

$$8478 \text{ kg} \geq 2302,53 \text{ kg (OK)}$$

- c. Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\ \text{Pakai } S &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

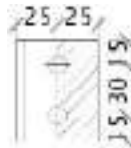
d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 20 + (2-1) \times 40 \\ &= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser



**Gambar 7.10** Detail plat siku pada gelagar

$$\begin{aligned} An_v &= L_n \times t_L \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (8 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\ &= 2,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b) Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times An_v) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 2,65) \\ &= 9778,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &\geq V_u \\ 9778,5 \text{ kg} &> 2302,53 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

3. Sambungan kolom dengan plat sambung

Direncanakan menggunakan las  $F_{e100xx}$  :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm sehingga ketebalan las minimum  $w = 3 \text{ mm}$

Digunakan ketebalan las  $w = 4 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0,707 \times 0,4) \times 8 \\ &= 4,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6F_{EXX} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\
 &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1,0 + 0,5 \times \sin^{1,5} 0^\circ) \\
 &= 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_n &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,8 \times 4,52 \\
 &= 14320,3 \text{ kg} > 2302,53 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

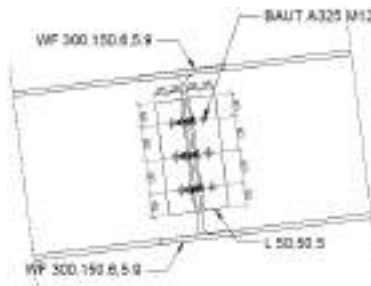
#### 4. Kontrol leleh pelat siku

$$\begin{aligned}
 A_g &= 8 \times 0,5 = 4 \text{ cm}^2 \\
 \phi \cdot f_y \cdot A_g &= 0,9 \times 2400 \times 4 \\
 &= 9000 \text{ kg} > 2302,53 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

### 7.4 Sambungan Balok Penumpu Ramp dengan Balok Utama Ramp

Sambungan antara balok utama Ramp dan balok penumpu Ramp direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 9687,63 kg, dengan dimensi balok utama tangga dan balok penumpu tangga yaitu WF 300×150×6,5×9. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 50×50×5.



**Gambar 7.11** sambungan balok utama Ramp dengan penumpu Ramp

1. Sambungan siku dengan balok utama tangga

Direncanakan :

$$\varnothing_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,1304 \\ &= 6994,35 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,65 \times 4100 \\ &= 5756,4 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{9687,63}{5756,4} = 1,68, \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n. \varnothing.R_n \geq V_u$$

$$3 \times 5756,4 \geq 9688 \text{ kg}$$

$$17269,2 \text{ kg} \geq 9688 \text{ kg (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi } (S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut } (S) &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 60 \text{ mm}$$

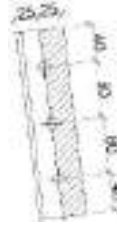
d. Kontrol kekuatan pelat siku :

$$\text{Diameter perlemahan (dengan bor)} = 1,5$$

$$d_1 = 12 + 1,5 = 12,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \times S_1 + (n-1) \times S = 2 \times 40 + (2-1) \times 60 \\ &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}\end{aligned}$$

## a. Luas bidang geser

**Gambar 7.12** Detail plat siku pada gelagar

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times tL \\
 &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\
 &= (20 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\
 &= 7,975 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

## b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 7,975) \\
 &= 17943,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &\geq V_u \\
 17943,75 \text{ kg} &> 9687,63 \text{ kg} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

2. Sambungan siku dengan balok penumpu tangga  
Direncanakan :

$$\phi_{\text{baut}} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,1304 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

## a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304 \\
 &= 3497,175 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

## b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \phi.R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 12 \times 0,5 \times 4100
 \end{aligned}$$

$$= 4428 \text{ kg}$$

$$n = \frac{9687,63}{3497,175} = 2,77 \text{ dipasang 3 buah}$$

Kontrol kuat baut,

$$n \cdot \phi \cdot R_n \geq V_u$$

$$3 \times 3497,175 \geq 9687,63 \text{ kg}$$

$$10491,53 \text{ kg} \geq 9687,63 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

c. Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 75 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 60 \text{ mm}$$

d. Kontrol kekuatan pelat siku :

Diameter perlemahan (dengan bor) = 1,5

$$d1 = 12 + 1,5 = 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + (n-1) \times S = 2 \times 40 + (3-1) \times 60 \\ &= 110 \text{ mm} = 11 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Luas bidang geser

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times tL \\ &= (L - n \times d1) \times t \text{ siku} \\ &= (11 - 2 \times 1,35) \times 0,5 \\ &= 4,4875 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b. Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 4,4875) \\ &= 10096,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan plat siku,

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &\geq V_u \\ 10096,88 \text{ kg} &> 9687,63 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

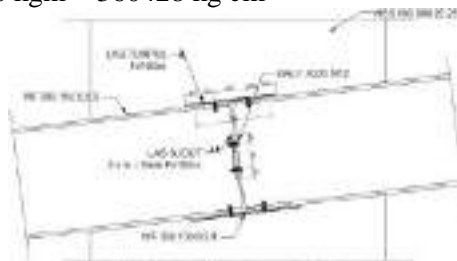
### 7.5 Sambungan Balok Penumpu Ramp dan Balok Utama Ramp dengan kolom

Sambungan balok Ramp dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser  $V_u$  dan momen  $M_u$ .

Dari output ETABS 2015 didapat:

$$V_u = 9687,63 \text{ kg}$$

$$M_u = 3604,28 \text{ kgm} = 360428 \text{ kg cm}$$



**Gambar 7.13** sambungan balok Penumpu Ramp dengan Kolom

#### 1. Perencanaan kekuatan sambungan baut:

Direncanakan :

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

Mutu profil BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

Baut tipe tumpu baut 12 mm ( $A_g = 1,1304 \text{ cm}^2$ )

Mutu baut A325 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )

##### a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,1304 \\ &= 3497,175 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

##### b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi.R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,0 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 4428 \text{ kg} \end{aligned}$$



Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned} T_d &= \emptyset \times 0,75 \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 8250 \times 1,1304 \\ &= 5245,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{9687,63}{12} = 807,3 \text{ kg} < 3497,175 \text{ kg (OK)}$$

d. Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{A} = \frac{807,3}{1,1304} = 714,17 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) = (1,3 \times 8250 - 1,5 \times 714,17)$$

$$f_t = 9653,74 > 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

2. Sambungan rigid dengan alat sambung las dan baut dipasang sebagai penumpu beban aktual.

a. Akibat adanya momen, baut pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_{u \max} = \frac{M_u \times Y_{\max}}{\sum Y^2} = \frac{360428 \times 40}{2 \times (20^2 + 40^2 + 20^2 + 40^2)}$$

$$T_{u \max} = 1802,1 \text{ kg} < 5245,76 \text{ kg (OK)}$$

b. Akibat adanya momen, Las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u \times d_{\max}}{\sum d^2} = \frac{360428 \times 30}{30^2}$$

$$T_u = 12014,27 \text{ kg}$$

c. Kontrol Ukuran Las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu  $F_{e100XX}$ .

$$A_{we} = (0,707 \times w) \times l_{we}$$

$$\begin{aligned}
 &= (0,707 \times 0,5) \times 30 \\
 &= 8,8375 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

d. Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nh} &= 0,75 \times f_{nw} \times A_{we} \\
 &= 0,75 \times (100 \times 70,33) \times 8,8375 \\
 &= 46615,6 \text{ kg} > 12014,27 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= 2 \times R_{nh} \\
 &= 4 \times 46615,6 \text{ kg} \\
 &= 93231,2 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{9687,63}{93231,21} \right)^2 + \left( \frac{12014,27}{46615,6} \right)^2 = 0,1 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

3. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

a. Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Dari output ETABS 2015 didapat:

$$V_u = 9687,63 \text{ kg}$$

b. Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41

Diameter baut = 12 mm → A = 1,1304 cm<sup>2</sup>

Ketebalan plat sambung = 8 mm

Panjang plat sambung = 120 mm

c. Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= (L - n \times d1) \times t_p \\
 &= (12 - 2 \times (1,75 + 0,15)) \times 0,8 \\
 &= 7 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\phi_y V_n = 0,75 \cdot (0,6) \cdot f_u \cdot A_w$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \times 7 \\
 &= 13726,8 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol geser baut

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi n f_u^u A_b \\
 &= 0,75 \times 2 \times 8250 \times 1,1304 \\
 &= 13988,7 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

e. Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned}
 1.2l_c &= 1.2 \times (2,5 - 1,2 / 2) \\
 &= 2,28 \text{ cm} \\
 2.4d_b &= 2,4 \times 1,20 \\
 &= 2,88 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1,2l_c \cdot t \cdot f_u \\
 &= 2 \times 0,75 \times 2,28 \times 0,8 \times 4100 \\
 &= 11217,6 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 5 \text{ mm}$  (bagian paling tipis yaitu  $10 \text{ mm}$ ) dan mutu las  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\
 &= 2 \times (0,707 \times 0,50) \times 12 \\
 &= 8,484 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

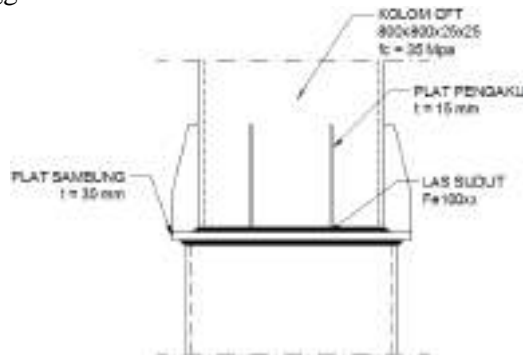
Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6F_{exx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\
 &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\
 &= 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nv} &= 0,75 f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,80 \times 8,484
 \end{aligned}$$

$$= 26850,59 \text{ kg} > 9687,63 \text{ kg (OK)}$$

### 7.6 Sambungan antar kolom Lantai 4 dan 5

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai P3 pada posisi as E-2 menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$ . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah hasil output ETABS 2015. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.



**Gambar 7.14** Sambungan Kolom dengan Kolom

$$P_u = 841788,39 \text{ kg}$$

$$M_u = 24243,96 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 12235,05 \text{ kg}$$

#### 1. Sambungan las pada kolom

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS  $800 \times 800 \times 25 \times 25$ .

Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  dan  $M_u$ :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$T_u = \frac{24243,96}{80} \pm 841788,39$$

$$(+) = 842091,4 \text{ kg menentukan}$$

$$(-) = 841485,3 \text{ kg}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nh} &= 0,75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4100 \times (0,707 \times 2 \times (80 \times 4)) \\
 &= 1391376 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{12235,05}{1391376} \right)^2 + \left( \frac{842091,44}{1391376} \right)^2 = 0,366 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

2. Perencanaan pelat pengaku :

Dimensi pelat minimum menurut SNI-1729-2002 Pasal 8.11

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai  $t_s = 1,5 \text{ cm}$

Maka sambungan menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$  dapat digunakan pada sambungan kolom ke kolom.

## 7.7 Sambungan Batang Bresing Wf 300x300x12x12

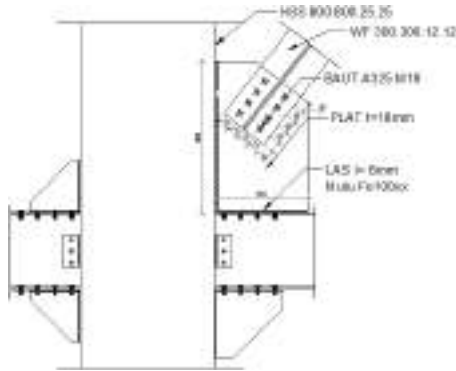
Kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu  $1,25 \cdot R_y \cdot V_n$ .

Untuk kuat geser nominal ( $V_n$ ), diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2M_p/e$ .

$$\begin{aligned}
 V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\
 &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (50 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 \\
 &= 76560 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times Z_x F_y}{e} = \frac{2 \times 3100 \times 2500}{100} = 155000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 76560 \\
 &= 143550 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



**Gambar 7.15** Sambungan Bresing Dengan Balok

1. Sambungan pada batang bresing  
 Mutu profil BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Baut tipe tumpu baut 19 mm ( $A_g = 2,834 \text{ cm}^2$ )  
 Mutu baut A325 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )
  - a. Kontrol kuat geser baut
 
$$\Phi.R_n = \phi f_u \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times 8250 \times 2,834$$

$$= 17534,45 \text{ kg}$$
  - b. Kontrol kuat tumpu baut
 
$$1,2l_c = 1,2 \times (6-2/2)$$

$$= 6 \text{ cm}$$

$$2,4d_b = 2,4 \times 1,9$$

$$= 4,56 \text{ cm}$$

$$\Phi.R_n = \phi 1,2l_c f_u \leq 2,4d_b f_u$$

$$= 0,75 \times 6 \times 1,8 \times 4100 \leq 2,4 \times 1,9 \times 4100$$

$$= 33210 \geq 18696 \text{ kg}$$
- n =  $\frac{143550}{18696} = 7,7 \text{ buah} = 8 \text{ buah}$   
 Di pasang 8 buah dalam 2 baris

## c. Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4tp+100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 28,5 \text{ cm s.d. } 14,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$S1 \text{ Terpasang} = 6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 5,7 \text{ cm s.d } 1,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$S1 \text{ Terpasang} = 8 \text{ cm}$$

## 2. Sambungan las sudut pada plat buhul

Bahan las sudut yang digunakan adalah E<sub>100xx</sub>

Tebal efektif las sudut rencana  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0,707 \times w) \times I_{we} \\ &= (0,707 \times w) \times 2 \times (d+b) \\ &= (0,707 \times 1) \times 2 \times (90+55) \\ &= 205,03 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0,6F_{exx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 0,75 \times 4219,8 \times 205,03 \\ &= 648889 \text{ kg} > 143550 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 290 \text{ cm}$$

$$h = 500 \text{ cm}$$

$$b = 441,25 \text{ cm}$$

$$\alpha = 52^\circ$$

$$\cos \phi = 441,25/2,9 = 1,522$$

$$\sin \phi = 5/2,9 = 1,724$$

$$1,522 \times Vu = 1,522 \times 143550 = 218419 \text{ kg}$$

$$1,724 \times Vu = 1,724 \times 143550 = 247500 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{218418,75}{290} = 753,17 \text{ kg/m}^2$$

$$f_v = \frac{247500}{290} = 853,45 \text{ kg/m}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(\sum f_h)^2 + (\sum f_v)^2} = \sqrt{(753,17)^2 + (853,45)^2}$$

$$f_{total} = 1138,26 \text{ kg/m}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi R_{nv}} = \frac{1138,26}{648889} = 0,0018 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,0018}{0,707} = 0,0025 \text{ cm} < \alpha \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 6 mm

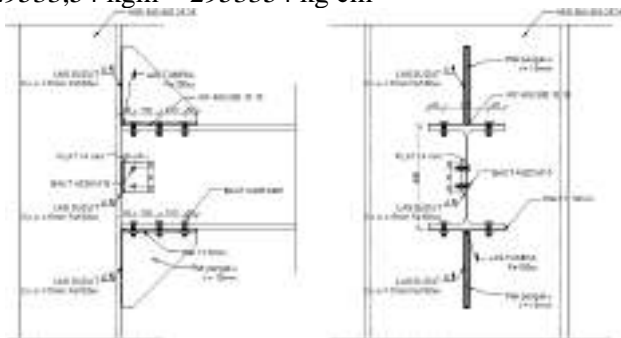
## 7.8 Sambungan balok Utama dengan kolom

Sambungan balok Utama dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ .

Dari output ETABS 2015 didapat:

$V_u = 17456,21 \text{ kg}$

$M_u = 29533,54 \text{ kgm} = 2953354 \text{ kg cm}$



**Gambar 7.16** sambungan balok Utama dengan Kolom



1. Perencanaan kekuatan sambungan baut:

Direncanakan :

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

Mutu profil BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

Baut tipe tumpu baut 29 mm ( $A_g = 6,60185 \text{ cm}^2$ )

Mutu baut A325 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )

a. Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 6,60185 \\ &= 20424,473 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

b. Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,0 \times 0,5 \times 4100 \\ &= 21402 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \times 0,75 \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 8250 \times 6,60185 \\ &= 30636,71 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{17456,21}{12} = 1454,68 \text{ kg} < 20424,5 \text{ kg (OK)}$$

d. Kontrol tarik

$$\begin{aligned}f_{uv} &= \frac{V_u}{A} = \frac{1454,68}{6,60185} = 220,34 \text{ kg/cm}^2 \\ f_t &= (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) = (1,3 \times 8250 - 1,5 \times 220,34) \\ f_t &= 10394,48 > 8250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

2. Sambungan rigid dengan alat sambung las dan baut dipasang sebagai penumpu beban aktual.

- a. Akibat adanya momen, baut pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_{u \max} = \frac{M_u \times Y_{\max}}{\sum Y^2} = \frac{2953354 \times 20}{2 \times (10^2 + 20^2 + 10^2 + 20^2)}$$

$$T_{u \max} = 29533,5 \text{ kg} < 30636,71 \text{ kg (OK)}$$

- b. Akibat adanya momen, Las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u \times d_{\max}}{\sum d^2} = \frac{2953354 \times 39}{39^2}$$

$$T_u = 75727,03 \text{ kg}$$

- c. Kontrol Ukuran Las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu  $F_{e100XX}$ .

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0,707 \times 1) \times 30 \\ &= 21,21 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- d. Kekuatan las tumpul :

$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0,75 \times f_{nw} \times A_{we} \\ &= 0,75 \times (100 \times 70,33) \times 21,21 \\ &= 111877,4 \text{ kg} > 75727,03 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 2 \times R_{nh} \\ &= 4 \times 111877,4 \text{ kg} \\ &= 223754,9 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{17456,21}{223754,9} \right)^2 + \left( \frac{75727,03}{111877,4} \right)^2 = 0,464 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

3. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

- a. Gaya geser yang bekerja pada sambungan

Dari output ETABS 2015 didapat:

$$V_u = 17456,21 \text{ kg}$$

- b. Kontrol leleh pada plat sambung

Mutu baja plat sambung = BJ41

Diameter baut = 16 mm →  $A = 2,0096 \text{ cm}^2$

Ketebalan plat sambung = 14 mm

Panjang plat sambung = 120 mm

- c. Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned} A_{nv} &= (L - n \times d) \times t_p \\ &= (12 - 2 \times (1,75 + 0,15)) \times 1,4 \\ &= 12 \text{ cm}^2 \\ \phi_y V_n &= 0,75 \cdot (0,6) \cdot f_u \cdot A_w \\ &= 0,75 \times (0,6) \times 4100 \times 12 \\ &= 21955,5 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- d. Kontrol geser baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi n f_u^u A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 8250 \times 2,0096 \\ &= 24868,8 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- e. Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned} 1.2l_c &= 1.2 \times (2,5 - 1,6/2) \\ &= 2,04 \text{ cm} \\ 2.4d_b &= 2,4 \times 1,6 \\ &= 3,84 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1,2 l_c \cdot t \cdot f_u \\
 &= 2 \times 0,75 \times 2,04 \times 1,4 \times 4100 \\
 &= 17564,4 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 5 \text{ mm}$  (bagian paling tipis yaitu  $10 \text{ mm}$ ) dan mutu las  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times w) \times l_{we} \\
 &= 2 \times (0,707 \times 0,50) \times 12 \\
 &= 8,484 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 F_{exx} (1 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\
 &= 0,6 \times (100 \times 70,33) \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\
 &= 4219,80 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= 0,75 f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,80 \times 8,484 \\
 &= 26850,59 \text{ kg} > 17456,21 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

## 7.9 Sambungan Kolom dan Base Plate

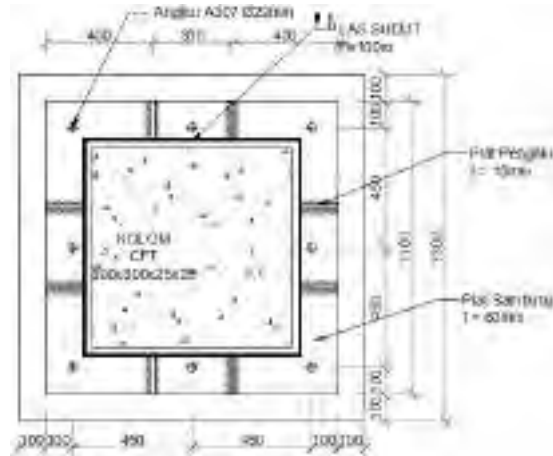
Perencanaan *Base Plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom *Pedestal*. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan tebal  $t_p = 50 \text{ mm}$ . Dari hasil analisa ETABS 2015 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

- $H = 130 \text{ cm}$
- $B = 130 \text{ cm}$
- $t_p = 50 \text{ mm} = 5,0 \text{ cm}$

Dari hasil analisis ETABS 2015 didapat gaya yang bekerja pada kolom CFT 800x800x25x25 lantai dasar adalah :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1018903,2 \text{ kg} \\
 M_u &= 12833,01 \text{ kgm} \\
 V_u &= 68808,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Sambungan Las pada *Base Plate* :



**Gambar 7.17** Sambungan Las pada *BasePlate*

Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil hollow section 800x800x25 sehingga didapat :

Misal  $t_e = 1\text{ cm}$

$$A_{\text{las}} = 4 \times (1 \times 80,0) = 320 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,7 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(80+80)^3}{6} = 682666,7 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left( \frac{80^2}{3} \right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left( \frac{d^2}{3} \right) = 80 \times 80 + \left( \frac{80^2}{3} \right) = 8533,33 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{\text{las}}} = \phi \times 0,6 \times F_{E100xx} \times t_e$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 0,75 \times 0,6 \times 100 \times 70,33 \times 1$$

$$f_{u_{\text{las}}} = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $P_u$ :

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{1018903}{320} + \frac{6880850}{8533,3}$$

$$f_p = 3990,442 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $V_u$ :

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{12833,01}{320} + \frac{6880850}{8533,3}$$

$$f_v = 846,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(3990,42)^2 + (846,45)^2} = 4079,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u\text{las}}} = \frac{4079,2}{3163,5} = 1,289 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{t_e}{0,707} = \frac{1,289}{0,707} = 1,82 \text{ cm}$$

Syarat – syarat tebal kaki las

Tebal minimum =  $t_{\text{plat}} = 50 \text{ mm}$

$$a_{\text{eff max}} = 1,41 \times \frac{f_u}{f_{E100x}} \times t_p = 1,41 \times \frac{4100}{100 \times 70,33} \times 5 = 4,112 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan  $a = 1,82 \text{ cm}$

Perhitungan *Base Plate* :

- Cek eksentrisitas gaya

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{68808,5}{1018903} = 0,0675 \leq \frac{N}{6} = \frac{110}{6} = 18,33 \text{ cm}$$

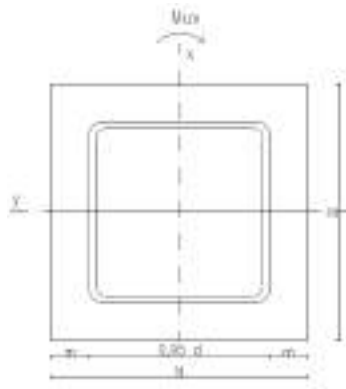
Termasuk dalam kategori *BasePlate* yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang *BasePlate*, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan *BasePlate* terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping

itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

Direncanakan Dimensi Beton 130 x 130 cm ( $A_2 = 16900 \text{ cm}^2$ ):

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{130 \times 130}{110 \times 110}} = 1,18$$

Perencanaan akibat beban sumbu X



**Gambar 7.18** Arah Beban Sumbu X pada *Base Plate*

Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{M_{ux}}{BN^2} = \frac{1018903}{110 \times 110} = 84,207 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban  $M_{ux}$

$$f_{pb} = \frac{6M_{ux}}{BN^2} = \frac{68808,5}{110 \times 110^2} = 31,02 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} = 84,21 + 31,02 = 115,23 \text{ kg/cm}^2$$

*Tekanan yang bisa diterima kolom beton*

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 35 = 26,775 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 267,75 \text{ kg/cm}^2 > f_{p(max)} = 115,23 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat :

$$m = \frac{(N - 0,95 \times D)}{2} = \frac{(100 - 0,95 \times 800)}{2} = 17 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{p(\max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 105,64 - 2 \times 31,02 \times \frac{17}{110} \right) \times \left( \frac{17^2}{2} \right) + \left( 2 \times 31,02 \times \frac{17}{110} \right) \times \left( \frac{17^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 16188,22 \text{ kg.cm/cm}$$

Menentukan tebal *Base Plate* :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\left( \frac{4 \times M_{upl}}{\phi \times f_y} \right)} = \sqrt{\left( \frac{4 \times 16188,22}{\phi \times 2500_y} \right)} = 5,36 \text{ cm}$$

tebal *BasePlate* yang dipakai yaitu 6 cm

Perencanaan pelat pengaku :

Dimensi pelat minimum menurut SNI-03-1729-2002 Pasal 8.11

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai  $t_s = 1,5 \text{ cm}$

Perhitungan Baut Angkur

Karena  $e = 7,08 \text{ cm} < 1/6 \cdot N = 18,33 \text{ cm}$  maka tidak terjadi gaya tarik, jadi dipasang angkur praktis.

Dipakai baut angkur A307 Ø22mm ( $f_u = 60 \text{ ksi}$ )

- Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\begin{aligned} \phi_f \cdot V_n &= V_d = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,4 \cdot 4218 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 2,2^2) \cdot 1 \\ &= 4807,8 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\phi_f \cdot R_n &= R_d = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2,2 \cdot 5,0 \cdot 4100 \\ &= 83516,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot V_n} = \frac{12833,01}{4807,8} = 2,67 \text{ bh}$$

dipakai 8 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm  
= 33 mm s/d 300 mm

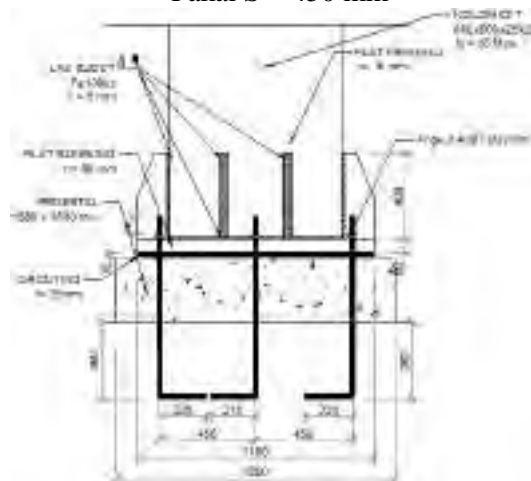
Pakai S1 = 100 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm  
= 27,5 mm s/d 600 mm

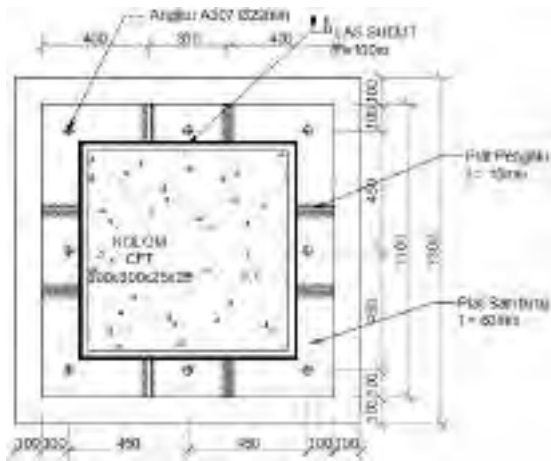
Pakai S2 = 100 mm

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
= 66 mm s/d 750 mm

Pakai S = 450 mm



**Gambar 7.19** Tampak Samping Sambungan *Base Plate* dengan Kolom dan *Pedestal*



**Gambar 7.20** Tampak Atas Sambungan *Base Plate* dengan Kolom dan *Pedestal*

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH**

#### **8.1 Umum**

Pondasi merupakan suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan ke lapisan tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal dan Pondasi Dalam. Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi telapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan yang termasuk pondasi dalam adalah pondasi tiang pancang, pondasi dinding diafragma, pondasi caisson dan pondasi bored piled

#### **8.2 Desain Tiang Pancang Kolom**

##### **8.2.1 Data Perencanaan**

Pondasi pada bangunan gedung apartement ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk PT. JAYA BETON.

Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : C
- *Concrete cross section* : 1570,8 cm<sup>2</sup>
- *Bearing Capacity* : 242 ton
- *Bending moment crack* : 29 tm
- *Bending momen ultimate*: 58,8 tm

##### **8.2.2 Beban Pada Tiang Pancang**

Desain tiang pancang kolom yang akan dianalisis adalah pada kolom AS 7-E sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.1.



**Gambar 8.1** Letak Pondasi Kolom Yang Ditinjau

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja yaitu:

**Tabel 8.1** Reaksi Kolom yang terjadi pada Poer

NO	KOMBINASI	Gaya Dalam				
		P (kg)	Mx (kg.m)	My (kg.m)	Hx (kg)	Hy (kg)
1	1D+1L	733652,05	-1685,73	-119,78	5,23	1925,93
2	1D+1L+1RSX	742068,95	-20781,01	-68928,8	12838,24	5635,82
3	1D+1L+1RSY	759078,28	-59426,04	-18861,18	3502,47	13143,79

Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut :

$$M_{xo}=M_x+H_y\times t = -20,78 + ( 5,64 \times 1,5 ) = -39,71 \text{ tm}$$

$$M_{yo}=M_y+H_x\times t = -6,51 + ( -68,93 \times 1,5 ) = -49,67 \text{ tm}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer  
 $4,5 \times 4,5 \times 1,5 \times 2,4 = 64,8 \text{ ton}$
- Beban aksial kolom  
Beban tetap, P  $= 759,08 \text{ ton} +$   
 $\Sigma P = 831,98 \text{ ton}$

### 8.2.3 Daya Dukung Ijin Satu Tiang

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ).

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 30 m.

$$Q = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$= (N_p \times K) \times A_p$$

$$= (46,83 \times 25) \times 0,15708$$

$$= 183,914 \text{ ton}$$

Dimana :

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar  $4D = (4 \times 0,6) = 2,4$  m di atas hingga  $4D$  di bawah dasar tiang pondasi

$$= \left( \frac{42,5 + 50 + 48}{3} \right)$$

$$= 46,83$$

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

=  $12 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lempung

=  $20 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lanau berlempung

=  $25 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lanau berpasir

=  $40 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah pasir

=  $40 \text{ t/m}^2$ , untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

$$Q_s = q_s \times A_s$$

$$= \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s$$

$$= \left( \frac{4,56}{3} + 1 \right) \times 56,52$$

$$= 142,51 \text{ ton}$$

Dimana :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam  $t/m^2$

$N_s$  = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan

$$: 3 \leq N \leq 50$$

$As$  = keliling x panjang tiang yang terbenam

$$= \pi \times d \times h = 56,52 \text{ m}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin(tiang)} = \frac{Q_u}{SF} = \left( \frac{183,914 + 142,51}{2} \right) = 163,21 \text{ ton}$$

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi JAYA BETON), didapat :

$$\bar{P}_{1tp} = 242 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{liang} = 163,21 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 163,21 ton.

#### 8.2.4 Tiang Pancang Kelompok

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\sum P}{PE_k} \rightarrow Ek \text{ diasumsikan sebesar } 0,8$$

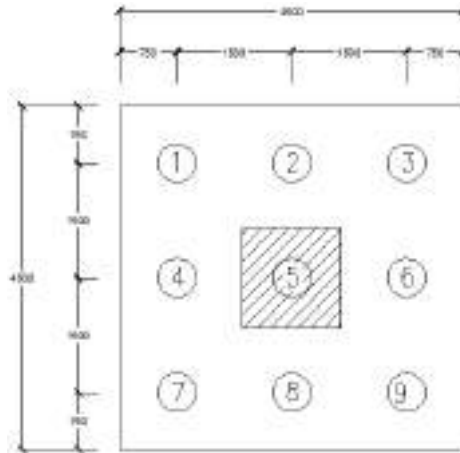
$$= \frac{831,987}{163,21 \times 0,8} = 6,372 \approx 9 \text{ buah}$$

Maka direncanakan dengan 9 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 8.2.

Syarat jarak antar tiang pancang ( $s$ ) :

$$2,5D \leq Sx \leq 5D \rightarrow Sx = 1,5 \text{ m}$$

$$2,5D \leq Sy \leq 5D \rightarrow Sy = 1,5 \text{ m}$$



**Gambar 8.2** Posisi Tiang Pancang Kolom P1

1. Kontrol Beban Aksial Satu Tiang Pancang

Berdasarkan Gambar 8.2 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti berikut ini :

**Tabel 8.2** Jarak Tiang Pancang Kolom P1

tiang	sumbu (m)			
	x	x <sup>2</sup>	y	y <sup>2</sup>
<b>p1</b>	1,50	2,25	1,50	2,25
<b>p2</b>	0,00	0,00	1,50	2,25
<b>p3</b>	1,50	2,25	1,50	2,25
<b>p4</b>	1,50	2,25	0,00	0,00
<b>p5</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>p6</b>	1,50	2,25	0,00	0,00
<b>p7</b>	1,50	2,25	1,50	2,25
<b>p8</b>	0,00	0,00	1,50	2,25
<b>p9</b>	1,50	2,25	1,50	2,25
<b>Σ</b>		<b>13,50</b>		<b>13,50</b>

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_{xo} \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \pm \frac{M_{yo} \cdot x_{\max}}{\sum x^2}$$

$$P_i = \frac{831,98}{9} + \frac{-39,71 \cdot 1,5}{13,5} + \frac{-49,67 \cdot 1,5}{13,5}$$

$$P_i = 82,51 \text{ ton}$$

$$P_i = \frac{831,98}{9} - \frac{-39,71 \cdot 1,5}{13,5} - \frac{-49,67 \cdot 1,5}{13,5}$$

$$P_i = 102,37 \text{ ton}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 102,37 ton

## 2. Menentukan Efisiensi Aktual

Efisiensi aktual ditentukan dengan menggunakan perumusan dari Converce-Labarre sebagai berikut :

Jumlah tiang pancang dalam 1 baris, ( $m$ ) = 4

Jumlah tiang pancang dalam 1 kolom, ( $n$ ) = 4

$$Ek = 1 - \tan^{-1} \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right]$$

$$Ek = 1 - \tan^{-1} \frac{0,6}{1,5} \left[ \frac{(3-1) \times 3 + (3-1) \times 3}{90 \times 3 \times 3} \right]$$

$$Ek = 0,677$$

## 3. Kontrol Kapasitas

$$P_{\max} \leq \bar{P}Ek$$

$$102,37 \text{ Ton} \leq 163,21 \times 0,677$$

$$102,37 \text{ Ton} \leq 110,5 \text{ Ton (OK)}$$

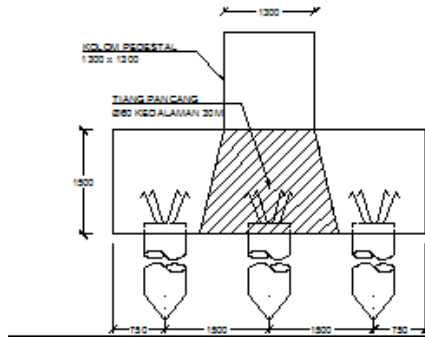
## 8.3 Perencanaan Poer Pada Kolom

Perencanaan tebal poer harus memenuhi ketentuan kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :







**Gambar 8.3** Geser Ponds Akibat Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda \sqrt{35} \times 10864 \times 1416 = 46414877 \text{ N}$$

$$b. V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 916}{1416} + 2 \right) \lambda \sqrt{35} \times 10864 \times 1416 = 44644145 \text{ N}$$

$$c. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{35} \times 8864 \times 10864 = 30033156 \text{ N (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $30033156 \text{ N} = 3003,3 \text{ Ton}$

$$V_c \geq P_u \text{ kolom} - P_{\max}$$

$$3003,3 \text{ Ton} \geq 759,08 - 102,37 \text{ ton}$$

$$3003,3 \text{ Ton} \geq 656,7 \text{ ton (OK)}$$



Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \lambda \sqrt{35} \times 3632,06 \times 1416 = 15517454 \text{ N}$$

$$b. V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 1416}{10864} + 2 \right) \lambda \sqrt{35} \times 3632,06 \times 1416 = 34587337 \text{ N}$$

$$c. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{35} \times 3632,06 \times 1416 = 10040706 \text{ N (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $10040706 \text{ N} = 1004,1 \text{ Ton}$

$$\begin{aligned} V_c &\geq P_{\max} \\ 1004,01 \text{ Ton} &\geq 102,73 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

## 8.4 Desain Penulangan Poer Kolom

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar  $P$  dan berat sendiri poer sebesar  $q$ . Desain penulangan poer kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut :

### 1. Data Perencanaan

- Dimensi Poer,  $B \times L$  = 4500 x 4500 mm
- Tebal Poer, = 1000 mm
- Mutu Beton, ( $f'_c$ ) = 35 MPa
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ ) = 28 mm
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Elastisitas ( $E$ ) = 200000 MPa

- Tebal Selimut Beton = 70 mm
- Tinggi efektif balok poer
 
$$d_x = 1500 - 70 - 28/2 = 1416 \text{ mm}$$

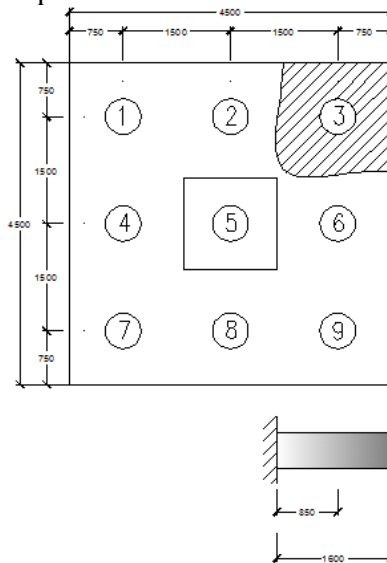
$$d_x = 1500 - 70 - 28 - 28/2 = 1388 \text{ mm}$$

## 2. Desain Penulangan Poer Sumbu X dan Y

Berat Poer,  $qu = 4,5 \times 1,5 \times 2,4 = 16,2 \text{ Ton/m}$

$Pt = 3P_{max} = 3 \times 110,5 = 307,12 \text{ ton}$

Ilustrasi tersebut diperlihatkan pada Gambar 8.9 momen yang bekerja pada poer.



**Gambar 8.5** Mekanika Beban Poer Kolom Arah X

$$M_u = (P_t \times e) - \left( \frac{1}{2} q_u e^2 \right)$$

$$M_u = (307,12 \times 0,85) - \left( \frac{1}{2} \times 16,2 \times 1,6^2 \right) = 240,32 \text{ tm}$$

$$\rho_{tulangan} = 0,025 \text{ (SNI 2847-2013, Pasal 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{1,4 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$R_{n\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}} = \sqrt{\frac{240320000}{0,9 \times 4500 \times 1416^2}} = 0,5434 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_y}} \right) = 0,00137$$

$$= 0,00137 < \rho_{\max} \dots \dots (\text{digunakan } \rho_{\text{perlu}})$$

$$A_{S\text{perlu}} = 0,00137 \times 4500 \times 1417,5 = 8746,58 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan lentur D 25 – 200 mm

$$A_s \text{ Pasang} = \frac{4500}{200} \times 0,25 \times \pi \times 25^2 = 11039,1 \text{ mm}^2 > A_{S\text{perlu}} \text{ (OK)}$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 200 pada sumbu X dan Y.

## 8.5 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 1018903,18 \text{ kg}$$

$$V_u = 12833,01 \text{ kg}$$

$$M_u = 68808,5 \text{ kgm}$$

1. Data perencanaan kolom :

$$b = 1300 \text{ mm}$$

$$h = 1300 \text{ mm}$$

$$A_g = 1690000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

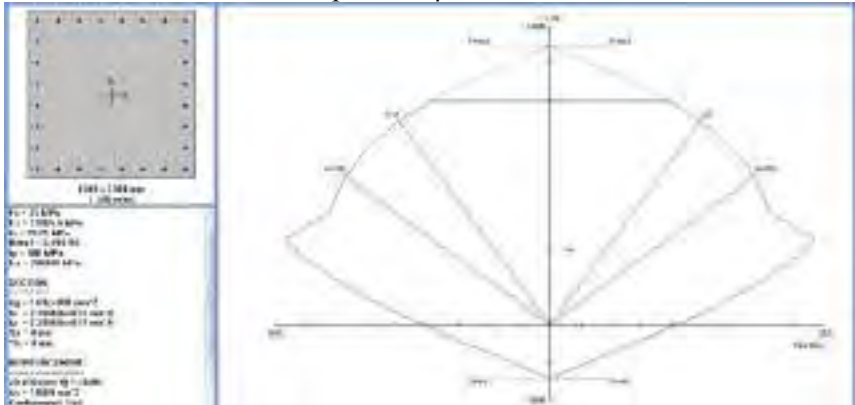
$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

Tulangan utama =  $\varnothing 30$  mm

Tinggi efektif =  $1300 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 1225,5$  mm

## 2. Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1,16$  %



**Gambar 8.6** Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCAColumn

$$A_s = 0,0116 \times 1300 \times 1225,5$$

$$= 18480,54 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 28 D30,  $A_s = 18480,54 \text{ mm}^2$  dipasang merata 4 sisi.

## 3. Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 12833,01 \text{ kg} = 128330,1 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{1018903,18}{14 \times 1690000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 1300 \times 1225,5$$

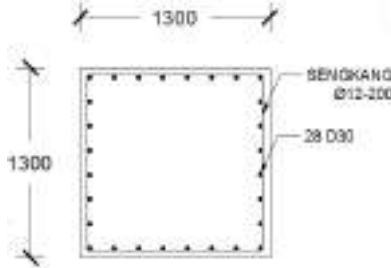
$$V_c = 3277030,996 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times V_c$$

$$= 0,6 \times 3277030,996$$

$$= 1966218,598 \text{ N} > V_u = 128330,1 \text{ N}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø12 – 200, sengkang dua kaki.



**Gambar 8.7** Penulangan Kolom Pedestal

#### 4. Kontrol Panjang Penyaluran

$$\frac{Id}{db} = \frac{3f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5\sqrt{f_c}}$$

$\alpha$  = faktor lokasi penulangan = 1,00

$\beta$  = faktor pelapis = 1,00

$\lambda$  = faktor ukuran batang tulangan = 1,00

db = 25 mm

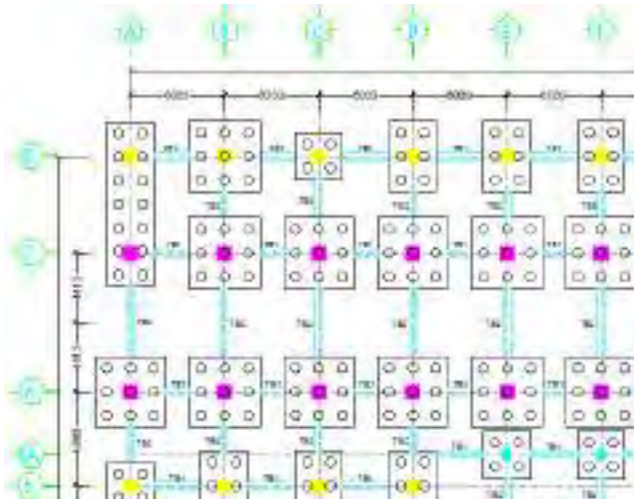
$$\frac{Id}{25} = \frac{3 \cdot 250 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00}{5\sqrt{35}} = 633,9 \text{ mm}$$

Digunakan panjang penyaluran sebesar  $40db = 40 \cdot 25 = 1000 \text{ mm}$

### 8.6 Perencanaan Sloof Pondasi

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof TB yang didesain pada as B 6-7 seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.19 sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450.





**Gambar 8.8** Letak Sloof yang Ditinjau

$$\frac{I}{20} = \frac{8825}{20} = 441,25 \approx 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 450 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Data Perencanaan :

Dimensi Sloof = 450 x 700 mm

Mutu Beton, ( $f'_c$ ) = 35 MPa

Diameter Tulangan = D22

Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa

Decking = 40 mm

Gaya aksial kolom = 1018903 kg

$P_u \text{ Sloof}$  = 10% x 1018903 kg

= 101890,3 kg

$$= 1018903 \text{ N}$$

Tegangan ijin Tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,75\sqrt{f'c} = 0,75\sqrt{35} = 4,14 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{1018903}{0,8 \times 442 \times 600} = 4,12 \leq f_{ijin} \text{ (OKE)}$$

Beban yang diterima sloof :

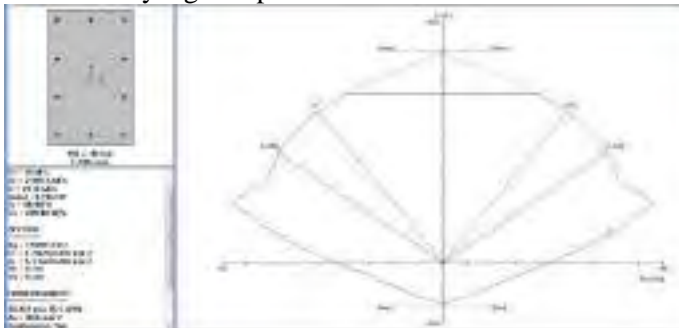
$$\begin{aligned} \text{- berat sendiri} &= 0,442 \times 0,70 \times 2400 = 756 \text{ kg/m} \\ \text{- berat dinding} &= \frac{4 \times 100}{\phantom{0,442 \times 0,70 \times 2400}} = 400 \text{ kg/m} + \\ &q_d = 1156 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2012 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_u = 1,2 \times 1156 = 1387,2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{16} \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 1387,2 \times 8,825^2 \\ &= 6752,25 \text{ kg.m} = 67522502 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Grafik interaksi yang didapat dari PCACOL



**Gambar 8.9** Diagram Interaksi Sloof 45/70

Dari analisis PCACOL didapat :

$$\rho = 0,0123$$

Dipasang tulangan = 10 D 22 ( $A_s = 3799,4 \text{ mm}^2$ )

#### Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25mm. Minimum lebar tie beam yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

Cek jarak tulangan (dipasang 1 layer)

space antar tulangan = 25 mm

selimut beton = 40 mm

tulangan = 22 mm

senggang = 10 mm

$$= \left( \left( \frac{10}{2} - 1 \right) \times 25 \right) + (2 \times 40) + \left( \left( \frac{10}{2} \right) \times 22 \right) + (2 \times 10)$$

$$= 310 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

Lebar balok 450 mm cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 layer.

#### **8.6.1 Penulangan Geser Sloof**

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 1387,2 \times 8,825 = 6121,02 \text{ kg}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 450 \times 700 = 315000 \text{ mm}^2$$

$$d = 700 - 40 - 10 - 22/2 = 639 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{1018903,2}{14 \times 315000} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \cdot 450 \cdot 639 = 957374,3 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 957374,33 = 718030,8 \text{ N} > V_u = 61210,2 \text{ N (OK)}$$

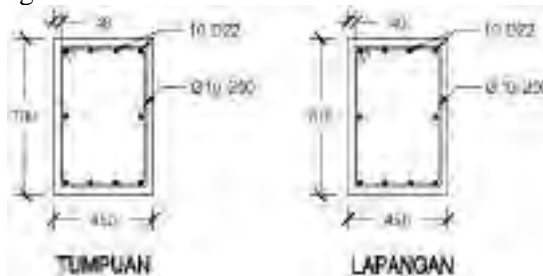
Berdasarkan SNI 2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari :

$$\frac{d}{2} \text{ dan } 300 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{639}{2} = 319,5 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang Ø10 – 250 mm

Detail tulangan sloof



**Gambar 8.10** Detail Sloof 450 x 700

## **BAB IX**

### **PENUTUP**

#### **9.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan Kolom *CFT* dan Sistem Struktur *EBF* :
  - a. Kolom
    - Lantai P1-P3 Komposit *CFT*  $800 \times 800 \times 25 \times 25$
    - Lantai 4-19 Komposit *CFT*  $700 \times 700 \times 22 \times 22$
    - Lantai 20 Komposit *CFT*  $600 \times 600 \times 16 \times 16$
  - b. Dimensi Bressing
    - Arah X dan Y WF  $300 \times 300 \times 12 \times 12$
  - c. Dimensi Link
    - Arah X dan Y WF  $500 \times 300 \times 11 \times 18$
2. Pembebanan Struktur Gedung per plat lantai :
  - a. Lantai 20
    - Beban Mati =  $48,6 \text{ kg/m}^2$
    - Beban Hidup =  $96 \text{ kg/m}^2$
  - b. Lantai 4-19
    - Beban Mati =  $133,32 \text{ kg/m}^2$
    - Beban Hidup =  $479 \text{ kg/m}^2$
  - c. Lantai P1-P3
    - Beban Mati =  $143,32 \text{ kg/m}^2$
    - Beban Hidup =  $192 \text{ kg/m}^2$
3. Pemodelan dan analisa struktur (kontrol nilai akhir respon spektrum, kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol simpangan (*drift*)) struktur yang direncanakan berada di kota Surabaya telah memenuhi syarat.
4. Kontrol Desain telah memenuhi Syarat SNI 1729 2002
5. Hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :

- a. Plat lantai menggunakan bondek Super Floor Deck  $t=0,75$  mm, dengan tebal plat beton :
  - Lantai 20  $t= 90$  mm dan dipasang tulangan negatif  $\varnothing 8$  –200.
  - Lantai P1-P3 dan 4-19  $t = 100$  mm dan dipasang tulangan negatif  $\varnothing 8$  –200
- b. Dimensi Balok anak :
  - Lantai 20
    - WF  $300 \times 200 \times 8 \times 12$  Bentang 6 m
    - WF  $350 \times 250 \times 9 \times 14$  Bentang 8,825 m
  - Lantai 4-19
    - WF  $300 \times 200 \times 9 \times 14$  dan WF  $300 \times 200 \times 8 \times 12$  Bentang 6 m
    - WF  $400 \times 300 \times 10 \times 16$  Bentang 8,825 m
    - WF  $300 \times 150 \times 6,5 \times 9$  Bentang 4,5 m
    - WF  $250 \times 125 \times 6 \times 9$  Bentang 4 m
    - WF  $400 \times 300 \times 10 \times 16$  Bentang 10 m
  - Lantai P1-P3
    - WF  $300 \times 200 \times 8 \times 12$  Bentang 6 m
    - WF  $350 \times 250 \times 9 \times 14$  Bentang 8,825 m
    - WF  $200 \times 150 \times 6 \times 9$  Bentang 4,5 m
    - WF  $250 \times 125 \times 6 \times 9$  Bentang 4 m
- c. Tangga
  - Plat Bordes  $t= 5$ mm
  - Plat Tangga  $t= 3$ mm
  - Pengaku anak tangga L  $60 \times 60 \times 6$
  - Balok Bordes WF  $100 \times 50 \times 5 \times 7$
  - Balok Utama Tangga WF  $200 \times 100 \times 5,5 \times 8$
  - Balok Penumpu Tangga WF  $200 \times 100 \times 5,5 \times 8$
- d. Ramp
  - Plat Ramp menggunakan bondek Super Floor Deck  $t=0,75$  mm, dengan tebal plat beton 100mm
  - Balok Ramp WF  $300 \times 150 \times 6,5 \times 9$
  - Balok Utama Ramp WF  $300 \times 150 \times 6,5 \times 9$
  - Balok Penumpu Ramp WF  $400 \times 200 \times 8 \times 13$
- e. Balok lift
  - Penggantung WF  $400 \times 200 \times 8 \times 13$

6. Hasil perhitungan struktur primer didapatkan :

a. Dimensi Balok induk

Lantai 20

- WF 350×250×8×12 Bentang 8,825 m
- WF 400×300×9×14 Bentang 6 m

Lantai 4-19

- WF 450×200×9×14 Bentang 6 m
- WF 450×300×10×15 Bentang 6,175 m
- WF 400×300×10×16 Bentang 8,825 m
- WF 450×200×8×12 Bentang 4,5 m
- WF 400×300×10×16 Bentang 4 m
- WF 450×300×10×16 Bentang 10 m

Lantai P1-P3

- WF 400×200×8×13 Bentang 6 m
- WF 400×200×8×13 Bentang 6,175 m
- WF 400×300×10×16 Bentang 8,825 m
- WF 350×250×8×12 Bentang 4,5 m
- WF 400×300×9×14 Bentang 10 m

7. Perencanaan Sambungan didapatkan :

a. Sambungan Struktur Sekunder

- Balok anak lantai 4-19 dan balok Induk Profil Siku L 60.60.6, Ø16, jumlah 3
- Balok anak lantai 20 dan balok Induk Profil Siku L 50.50.5, Ø12, jumlah 3
- Balok anak lantai P1-P3 dan balok Induk Profil Siku L 50.50.5, Ø12, jumlah 3
- Balok Utama Tangga dan Penumpu tangga Profil Siku L 45.45.4, Ø12, jumlah 2
- Balok Penumpu Tangga dan kolom Profil Siku L 40.40.4, Ø12, jumlah 2

b. Sambungan Struktur Primer

- Kolom dan kolom Plat  $t = 30$  mm Las 4 cm
- Balok induk lantai P1-P3 dan kolom Plat  $t = 10$  mm dan 14 mm, Ø29 mm dan Ø 16 mm jumlah 14 Las = 5mm

- Balok induk lantai 4-19 dan kolom Plat  $t = 10$  mm dan 14 mm, Ø25 mm dan Ø 19 mm jumlah 15 Las = 5mm
- Balok induk lantai 20 dan kolom Plat  $t = 9$  mm dan 12 mm, Ø25 mm dan Ø 16 mm jumlah 15 Las = 5mm
- Kolom dan Base Plate Plat  $t = 17$  mm, Ø22 mm, jumlah 8, Las = 6mm
- Bressing Plat  $t = 18$  mm, Ø19 mm, jumlah 8, Las = 6mm

8. Hasil perhitungan struktur Bawah didapatkan :

- a. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. Jaya Beton dengan diameter 50 cm dengan kedalaman 30 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).
- b. Dimensi Poer Direncanakan :
  - P1 Ukuran  $3\text{m} \times 1,5\text{m} \times 1,5\text{m}$ , dengan tulangan lentur arah X D14–150 mm dan tulangan lentur arah Y D14–150 mm
  - P2 Ukuran  $3\text{m} \times 3\text{m} \times 1,5\text{m}$ , dengan tulangan lentur arah X D19–150 mm dan tulangan lentur arah Y D19–150 mm
  - P3 Ukuran  $3,2\text{m} \times 4,8\text{m} \times 1,5\text{m}$ , dengan tulangan lentur arah X D25–150 mm dan tulangan lentur arah Y D25–150 mm
  - P4 Ukuran  $4,5\text{m} \times 4,5\text{m} \times 1,5\text{m}$ , dengan tulangan lentur arah X D25–200 mm dan tulangan lentur arah Y D25–200 mm
  - P5 Ukuran  $3,2\text{m} \times 12,8\text{m} \times 1,5\text{m}$ , dengan tulangan lentur arah X D25–150 mm dan tulangan lentur arah Y D28–120 mm
  - P6 Ukuran  $3,2\text{m} \times 11,2\text{m} \times 1,5\text{m}$ , dengan tulangan lentur arah X D28–130 mm dan tulangan lentur arah Y D28–130 mm
- c. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1300 mm x 1300 mm, dengan tulangan utama 30D28 dan tulangan geser Ø12 – 200.



d. Dimensi sloof direncanakan 450 mm x 700 mm, dengan tulangan lentur 10D22 dan tulangan geser  $\emptyset 10 - 250$ .

9. Perencanaan Gambar Teknik dapat dilihat di lembar lampiran

## 9.2 Saran

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Eccentrically Braced Frames* dan kolom *concrete filled steel tube* lebih lanjut terhadap standard yang telah ditetapkan baik itu SNI maupun AISC. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

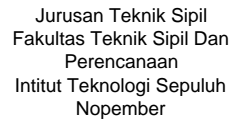
- Khatulistiani, Utari. 2003. “Perencanaan Balok Komposit Menggunakan Metode LRFD”. Majalah Ilmiah Teknik Sipil. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma.
- Morino., Shosuken., Thusada., dan Keigo. 2001. “Desain and Construction of Concrete Filled Steel Tube Column Sistem in Japan”. Department of Environmental Space Design, University of Kitakyusu.
- Bruneau M. 1998. *Ductile Desain of Steel Structures*, McGraw-Hill Internatioal Editions
- Salmon, Charies G., dan Johnson, John E. 1996. “Struktur Baja Desain dan Perilaku”. Jilid 1 Edisi kedua. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M.S.CE. Jakarta: Erlangga.
- Nasution, Irma. 2016. “Pengaruh *Steel Slit Damper* Pada Struktur Baja dengan *Bracing Inverted-v* Pada Gedung Perkantoran”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, FTSP-ITS.
- Standar SNI 03-1726-2012., “*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*”, Badan Standarisasi Nasional, 2012.
- Standar SNI 1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain”, Badan Standarisasi Nasional, 2013.

- Nuraini, Santi. 2016. "Modifikasi Perencanaan Hotel *Fave* Ketintang Surabaya dengan Menggunakan Sistem Struktur *Concentrically Braced Frames* dan *Steel Slit Damper*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, FTSP-ITS.
- Chaoui, Kamel., Zeghiche, J. 2005. "An Experiment Behaviour Of Concrete Filled Steel Tubular Columns". *Jjournal of Construction Steel Research*.
- AISC. 2005. *Specification for Structural Steel Building*, Chicago, American Institute of Steel Construction.
- Standard Nasional Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013*. Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung* (PPIUG 1987), Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Standar SNI 1729-2002 "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" Badan Standarisasi Nasional", 2013.
- Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1989. *Behavior of Long Links in Eccentrically Braced Frames*, Earthquake Engineering Research Center UBC/EERC-89/01, College of Engineering University of California at Barkeley.

- Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1992. *Experimental Performance of Long Link in Eccentrically Braced Frames*. Journal of Structural Engineering. Vol. 118, No. 11.
- Egor P. Popov.; Kazuhiko Kasai.; and Michael D.Engelhardt. 1986. *Advances In Design of Eccentrically Braced Frames*.Structural Steel Conference, Auckland
- Suyono Sostrodarsono, Kazua Nakazawa.1984. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradya Paramita.
- Shah, Darishka, K., Vakil, M.D., dan Patel, M.N. 2014. "Parametric study of concrete Filled Steel Tube Column". IJEDR. Volume 2, Issue2. ISSN : 2321-9939.

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Denah Lantai Parkir P1
Lampiran 2	Denah Lantai Parkir P2
Lampiran 3	Denah Lantai Parkir P3
Lampiran 4	Denah Lantai 5
Lampiran 5	Denah Lantai 6-19
Lampiran 6	Denah Lantai Atap
Lampiran 7	Potongan Memanjang A-A
Lampiran 8	Potongan Melintang B-B
Lampiran 9	Tampak Depan
Lampiran 10	Tampak Samping
Lampiran 11	Denah Rencana Balok Kolom Lantai P1-P3
Lampiran 12	Denah Rencana Balok Kolom Lantai 4
Lampiran 13	Denah Rencana Balok Kolom Lantai 5
Lampiran 14	Denah Rencana Balok Kolom Lantai 6-19
Lampiran 15	Denah Rencana Balok Kolom Lantai 20
Lampiran 16	Denah Rencana Pondasi dan Sloof
Lampiran 17	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. P1-P3
Lampiran 18	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 4-19
Lampiran 19	Sambungan Balok Anak dan Balok Induk Lt. 20
Lampiran 20	Sambungan Balok Utama Dengan Kolom
Lampiran 21	Perencanaan Tangga dan Detail
Lampiran 22	Perencanaan Ramp dan Detail
Lampiran 23	Sambungan Bracing dengan Kolom dan Balok
Lampiran 24	Sambungan Kolom dan Base Plate
Lampiran 25	Detail Pondasi dan POER P1
Lampiran 26	Detail Pondasi dan POER P2
Lampiran 27	Detail Pondasi dan POER P3
Lampiran 28	Detail Pondasi dan POER P4
Lampiran 29	Detail Pondasi dan POER P5
Lampiran 30	Detail Pondasi dan POER P6
Lampiran 31	Detail Sloof dan Pedestal
Lampiran 32	Data Tanah Apartement Bale Hinggil
Lampiran 33	Dimensi Baut
Lampiran 34	Brosur Pondasi
Lampiran 35	Brosur Lift
Lampiran 36	Brosur Bondek dan Base Plate



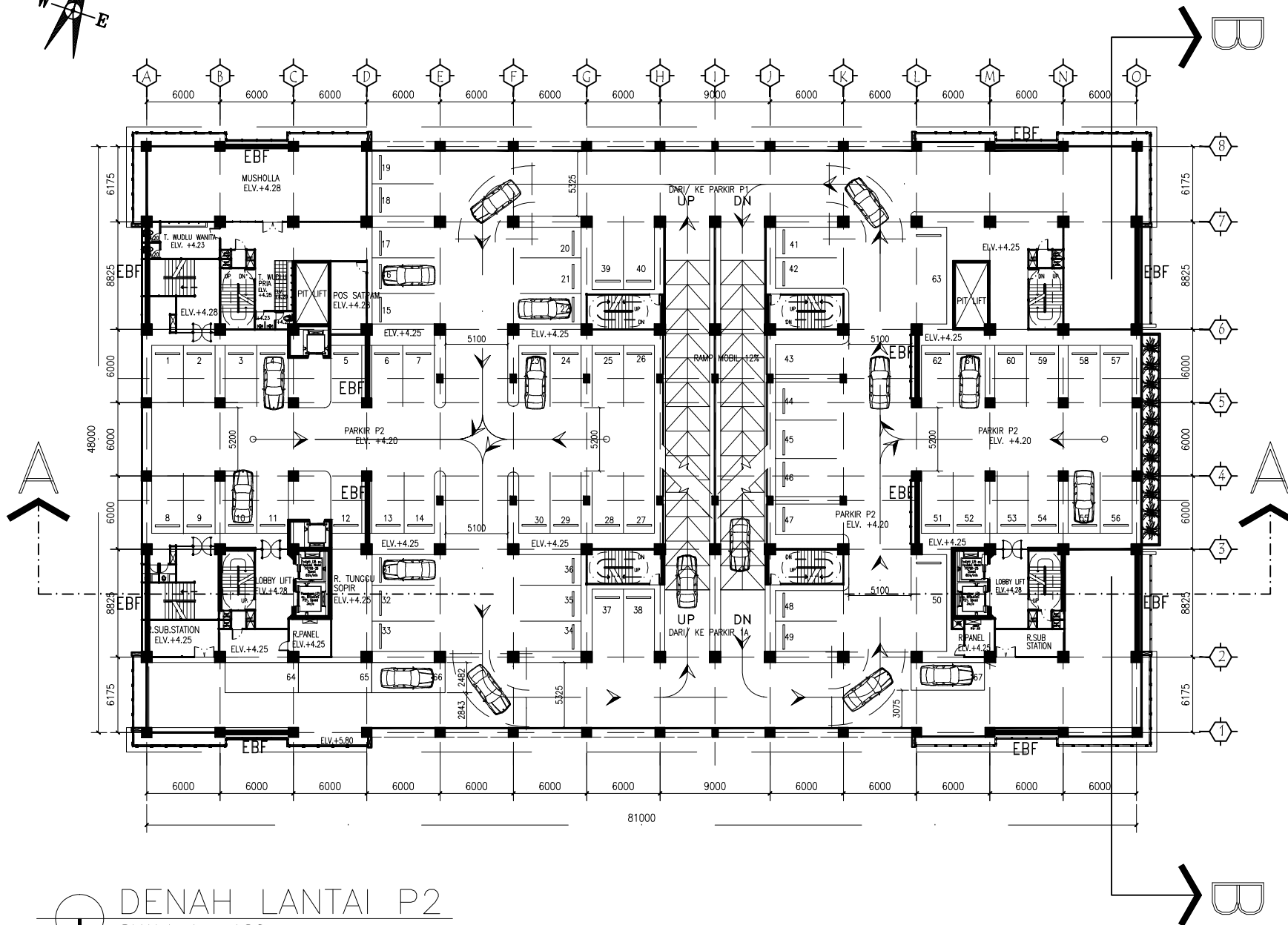
Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL Dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

KETERANGAN

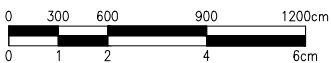
19-01-2017





DENAH LANTAI P2

SKALA 1 : 120



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH Lt. P2

1 : 120

NO LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

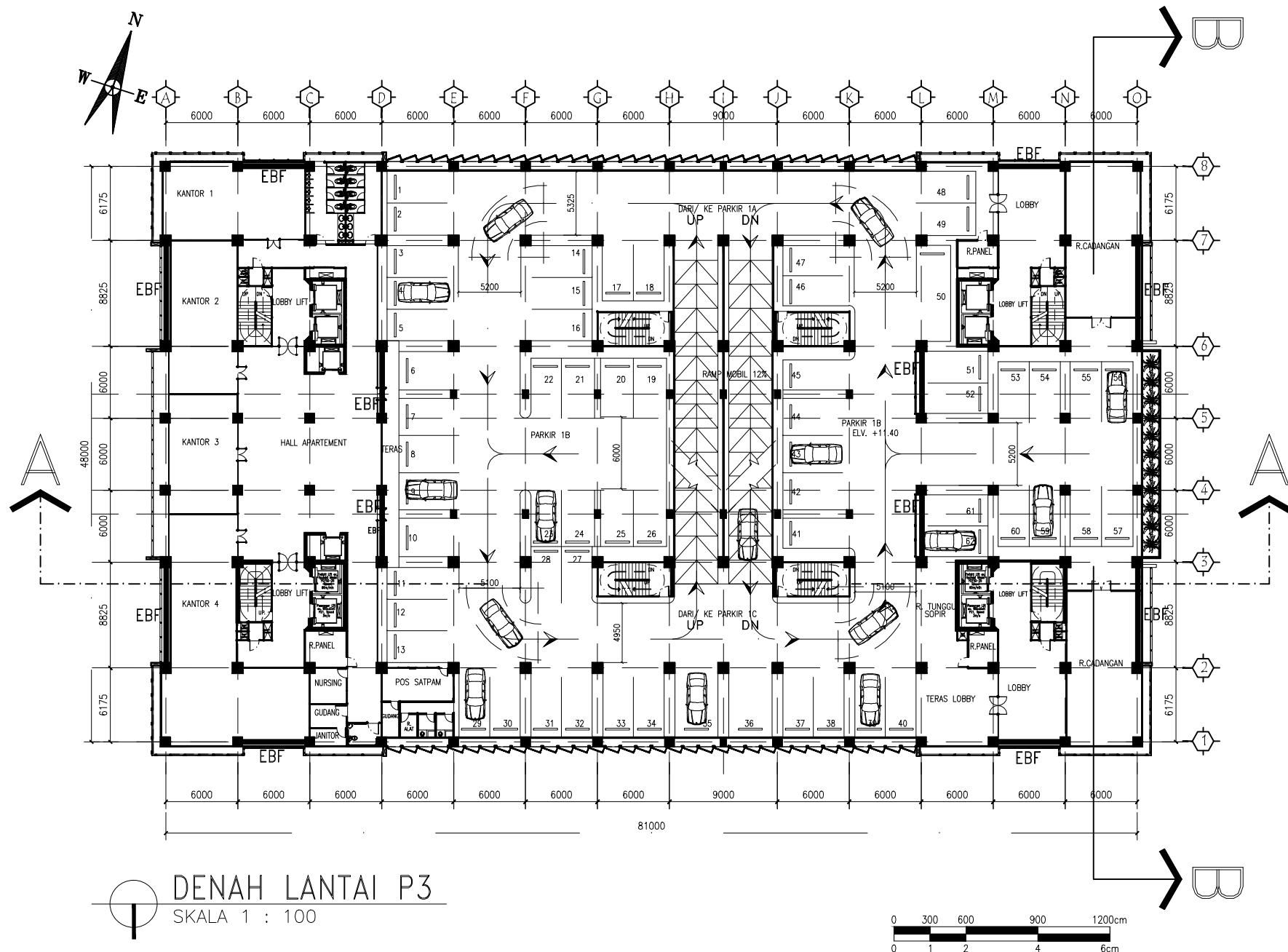
TANGGAL

02

31

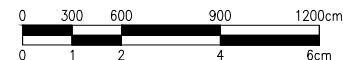
19-01-2017





DENAH LANTAI P3

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Apartemen  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH Lt. P3

1 : 120

NO LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

03

31

19-01-2017

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan Concreted Filled  
Steel Tube dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH Lt. 5

1 : 150

NO LEMBAR

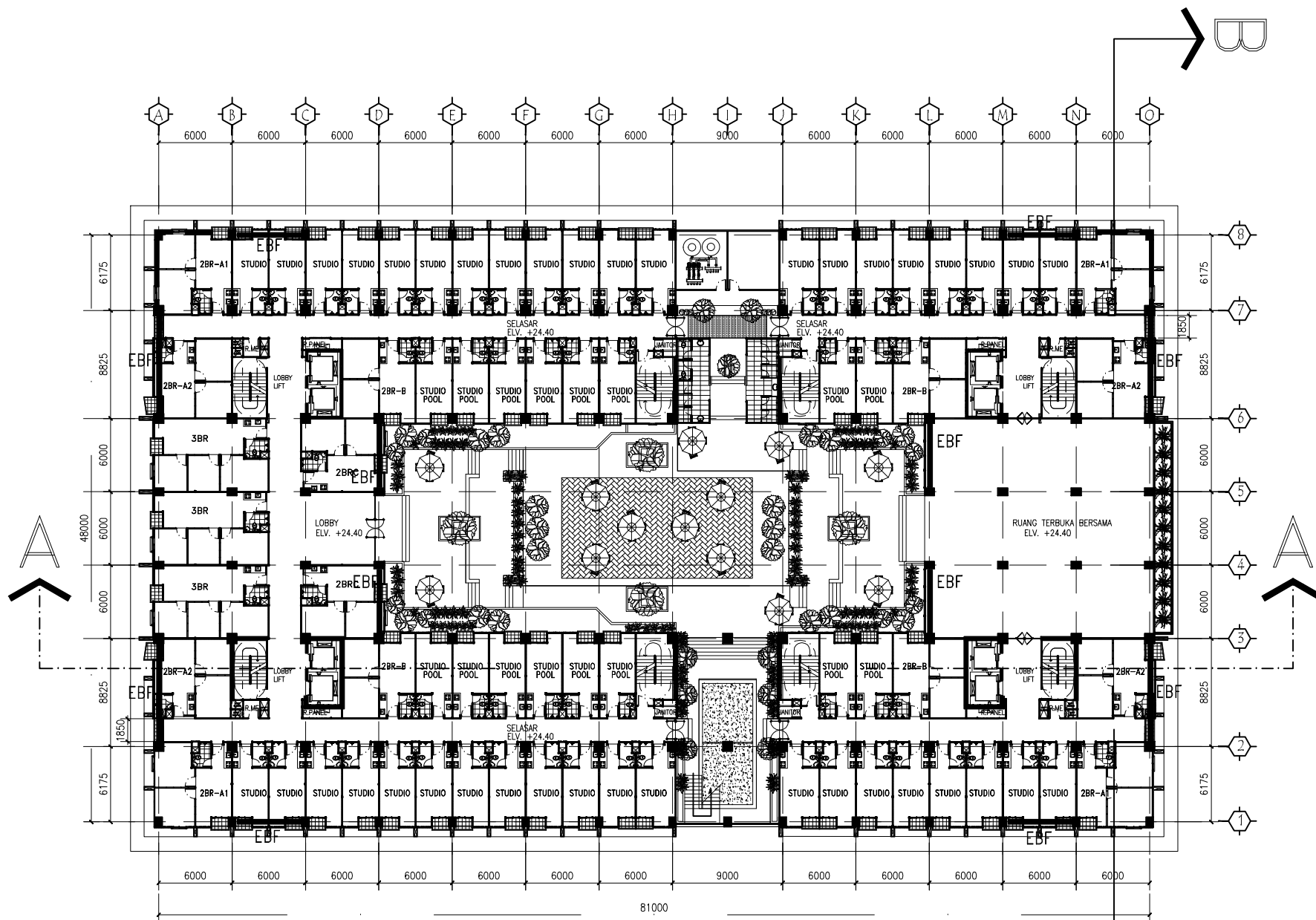
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

04

31

19-01-2017



DENAH KESELURUHAN LANTAI 5  
SKALA 1 : 150





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH Lt. 6 s/d 19

1 : 150

NO LEMBAR

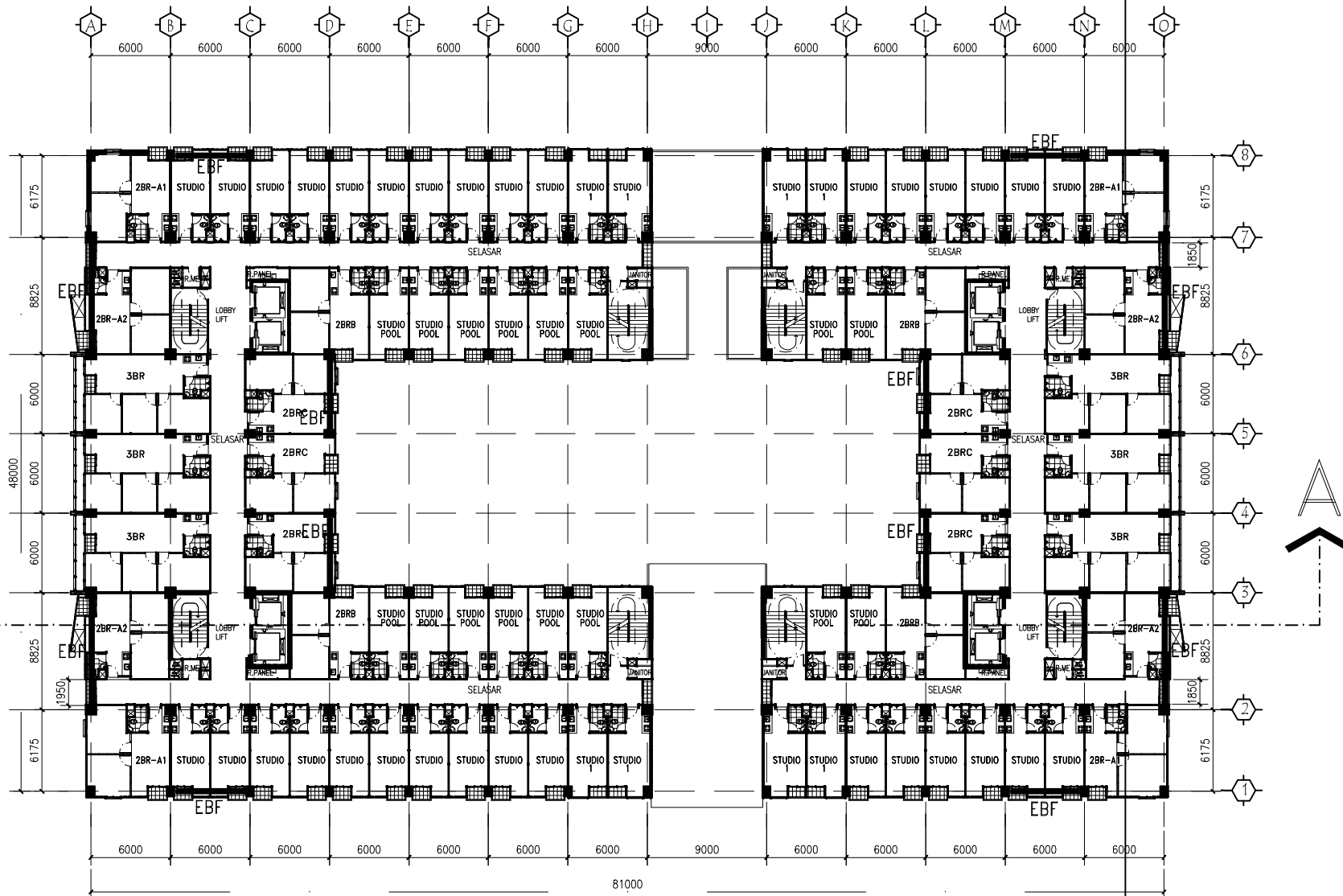
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

05

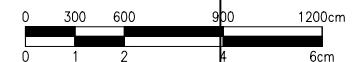
31

19-01-2017



DENAH KESELURUHAN LANTAI HUNIAN 6 s/d 19

SKALA 1 : 150



Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartemen  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

---

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

---

RYAN TOFIK

(3114106056)

### KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH ATAP

1 : 120

NO LEMBAR

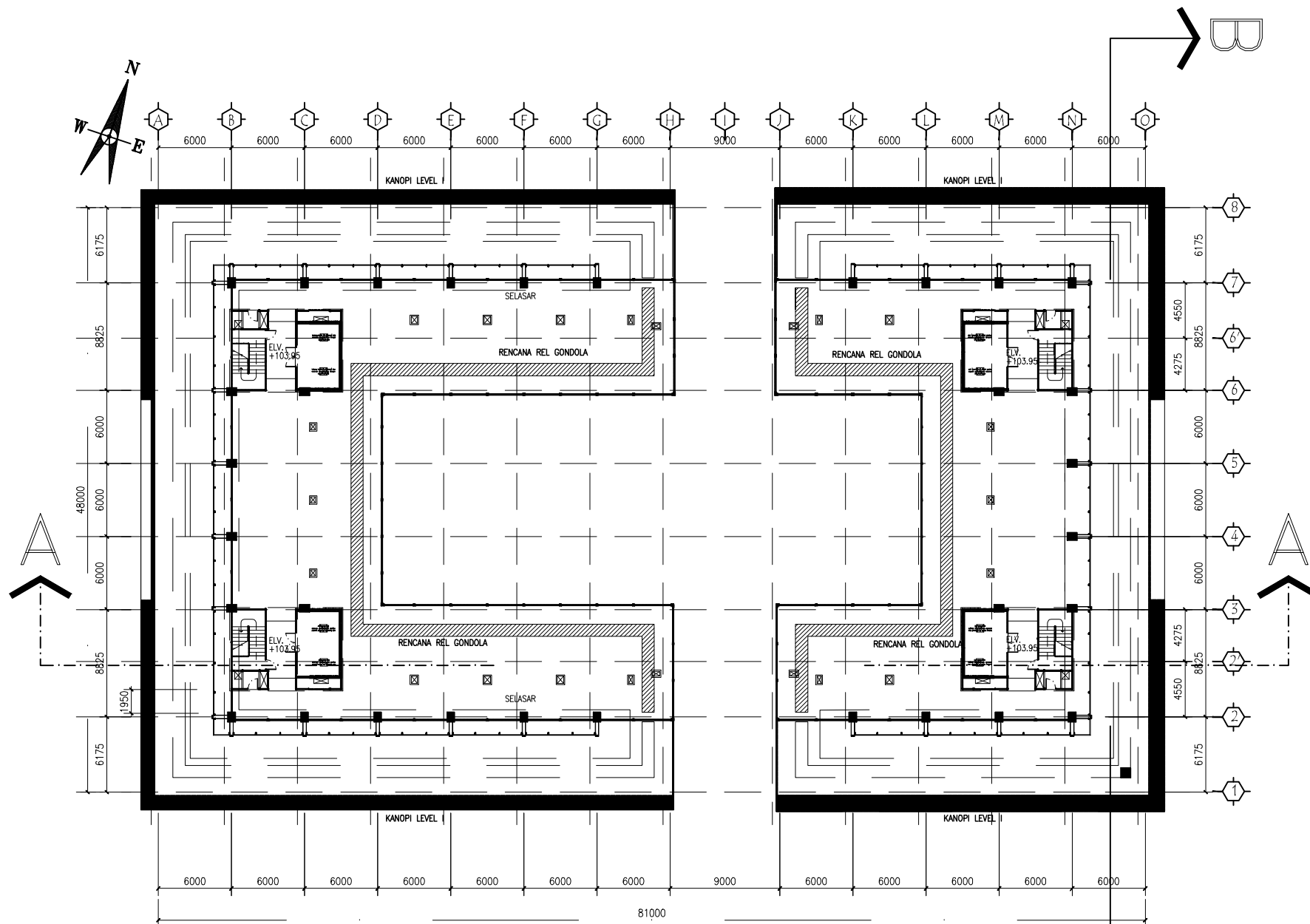
Jumlah Lembar

TANGGAL

06

31

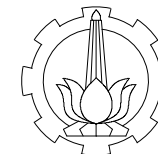
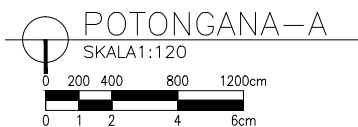
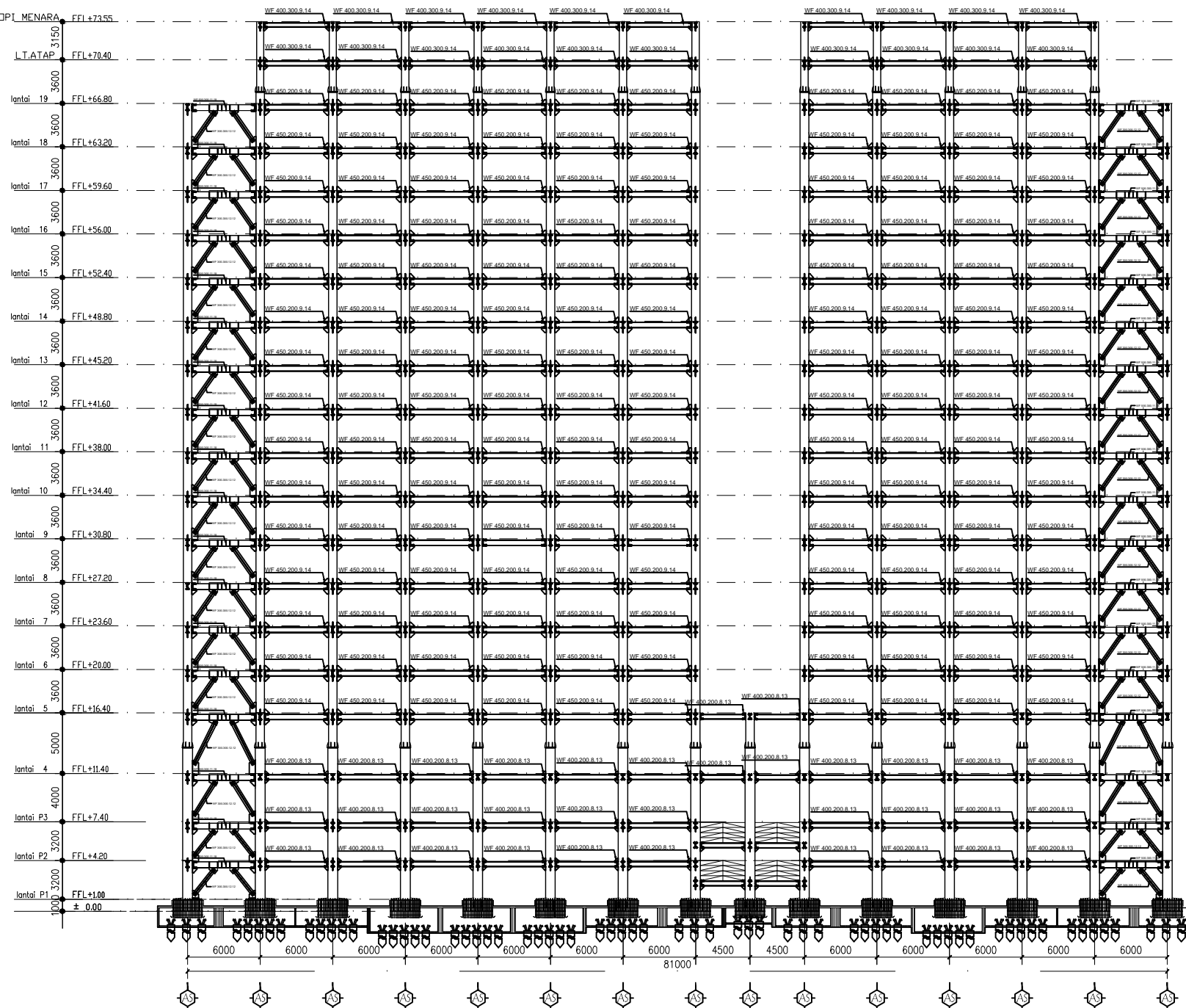
19-01-2017



DENAH ATAP  
SKALA 1 : 120



FIN. TOPI MENARA



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN  
MEMANJANG (A-A)

1 : 100

NO LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

07

31

19-01-2017

FIN. TOPI MENARA FIN. TOPI MENARA FFL+73.55

L.T.ATAP FFL+70.40

lantai 19 FFL+66.80

lantai 18 FFL+63.20

lantai 17 FFL+59.60

lantai 16 FFL+56.00

lantai 15 FFL+52.40

lantai 14 FFL+48.80

lantai 13 FFL+45.20

lantai 12 FFL+41.60

lantai 11 FFL+38.00

lantai 10 FFL+34.40

lantai 9 FFL+30.80

lantai 8 FFL+27.20

lantai 7 FFL+23.60

lantai 6 FFL+20.00

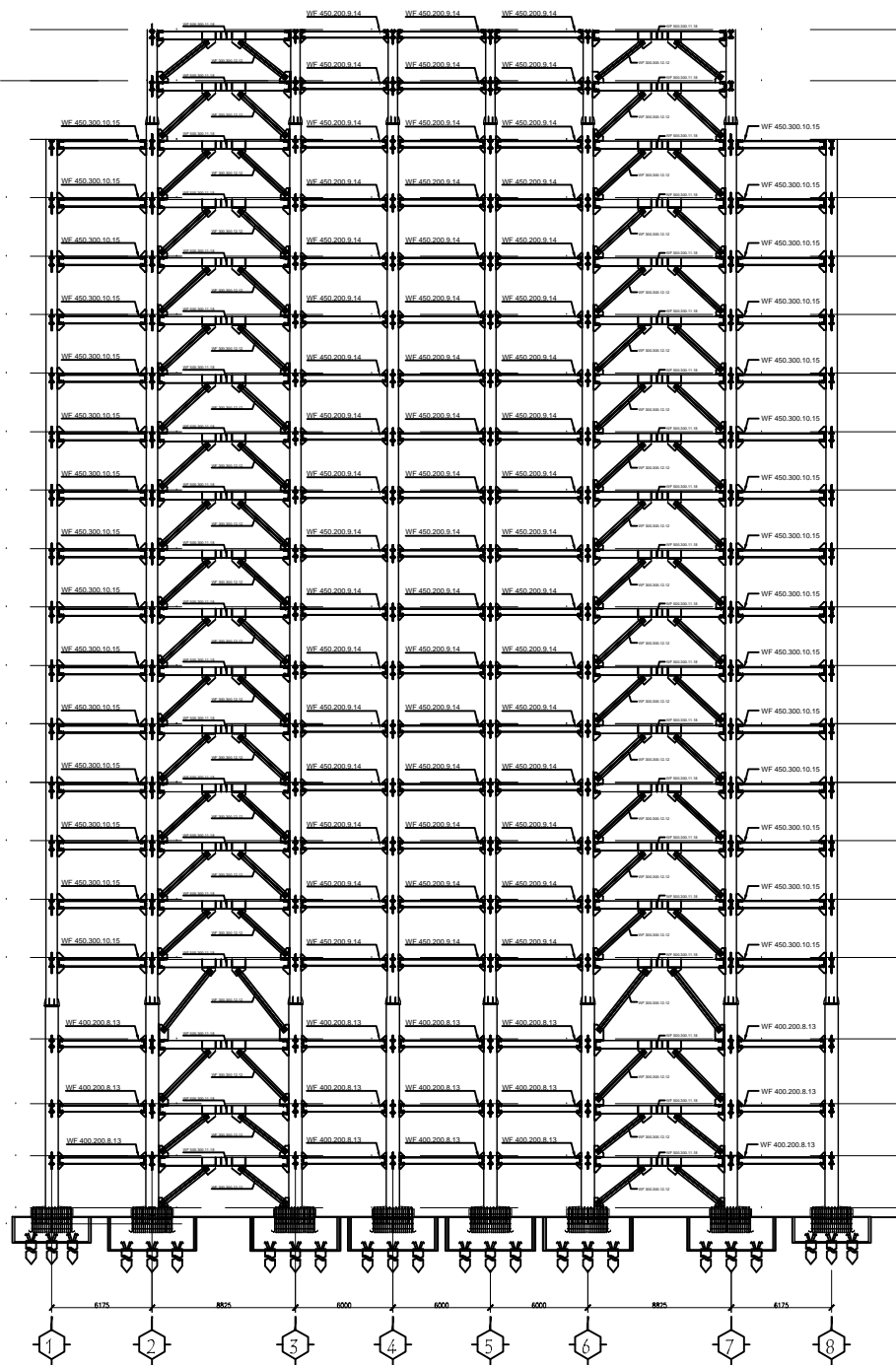
lantai 5 FFL+16.40

lantai 4 FFL+11.40

lantai P3 FFL+7.40

lantai P2 FFL+4.20

lantai P1 FFL+1.00  
± 0.00



POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 120



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN  
MELINTANG (B-B)

1 : 120

NO LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

08

31

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK DEPAN

1 : 100

NO LEMBAR

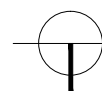
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

09

31

19-01-2017



TAMPAK DEPAN  
SKALA 1 : 100





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING

1 : 100

NO LEMBAR

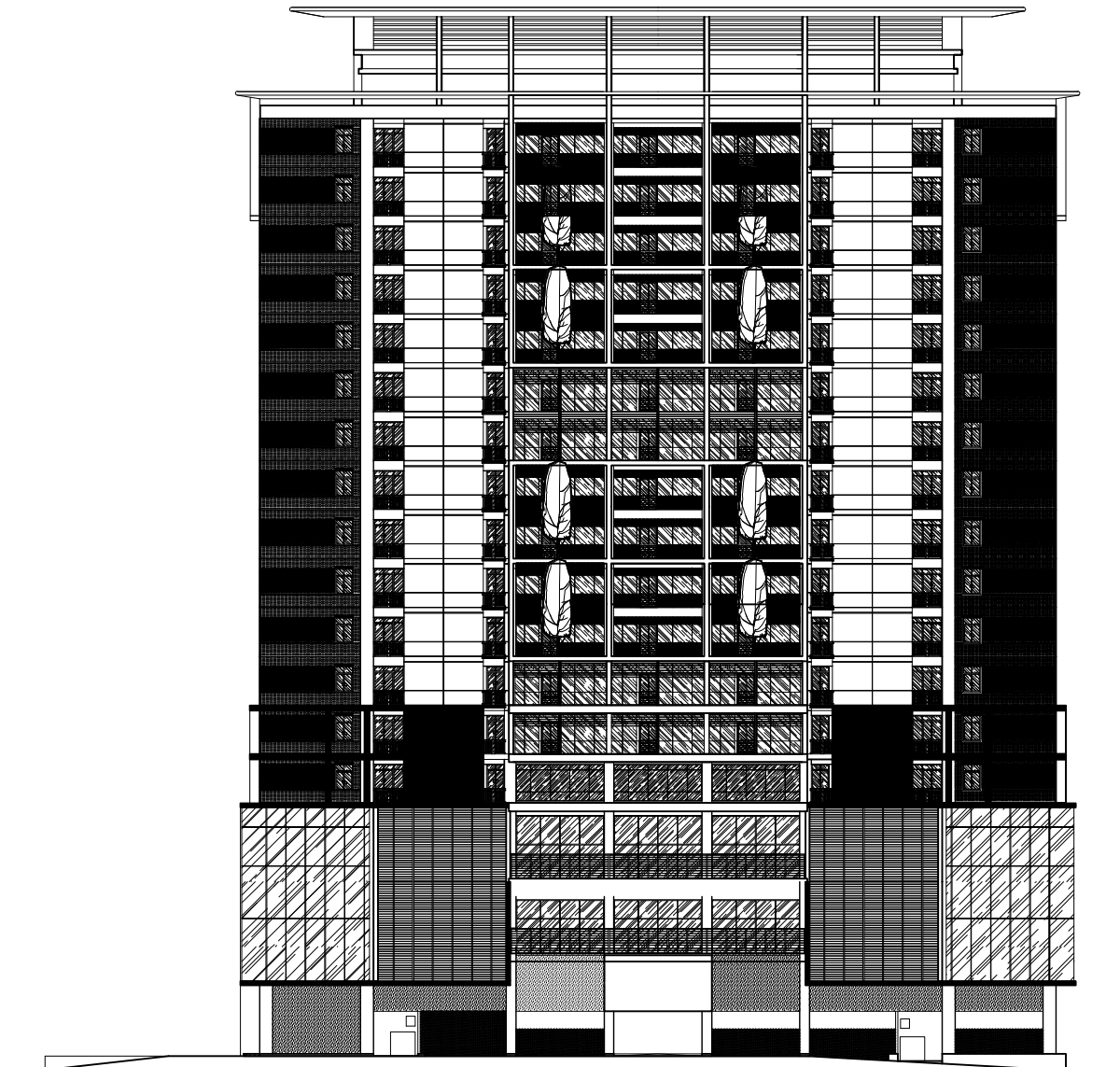
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

10

31

19-01-2017



TAMPAK SAMPING  
SKALA 1 : 100







Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x8x12
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 200x150x6x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
BI1	WF 400x300x10x16
BI2	WF 400x200x8x13
BI3	WF 450x200x8x13
BI4	WF 350x250x8x12
BI5	WF 400x300x9x14
K1	CFT 800x800x25x25

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH RENCANA  
BALOK KOLOM Lt. P1, P2

1 : 120

NO LEMBAR

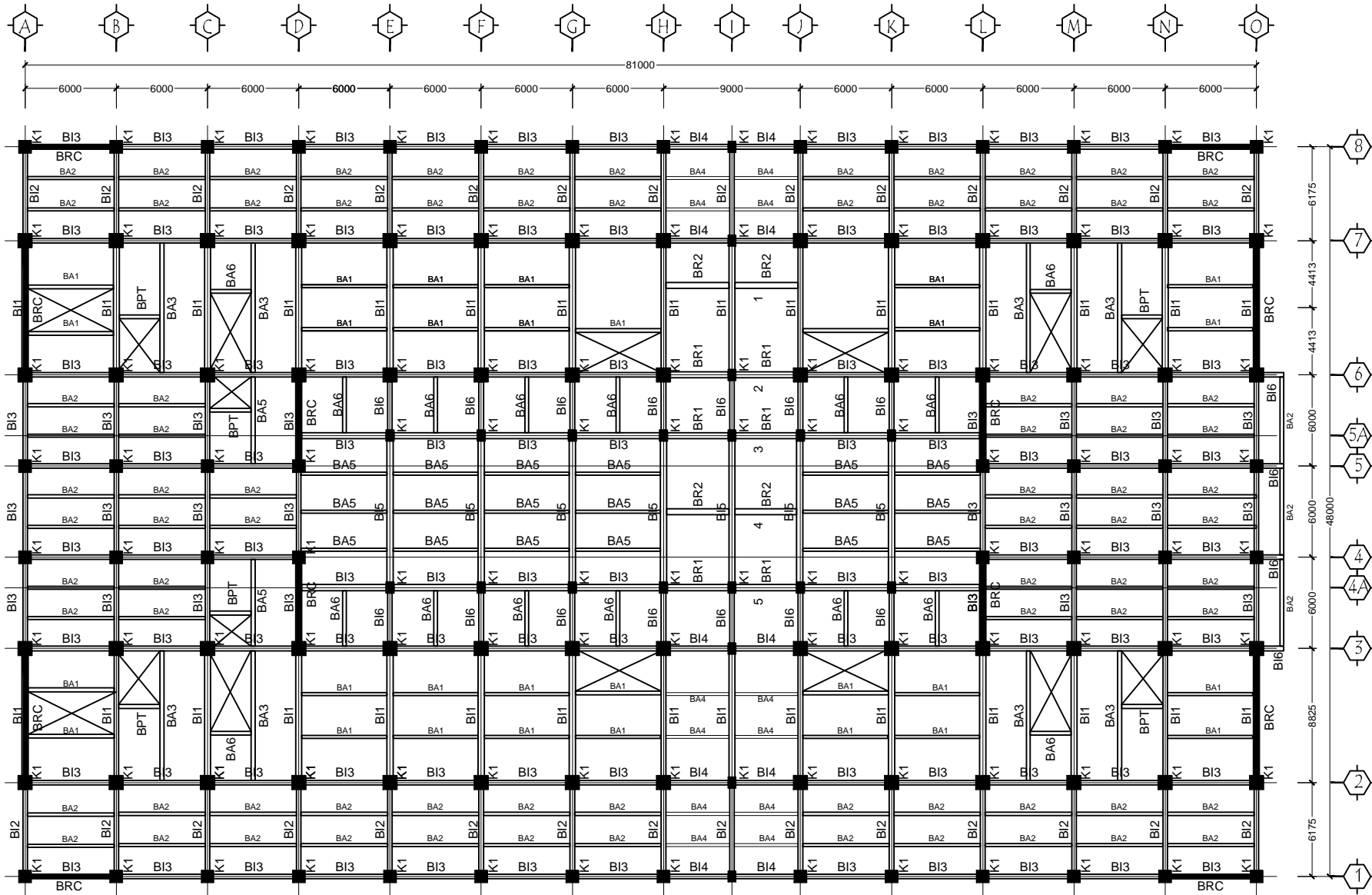
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

11

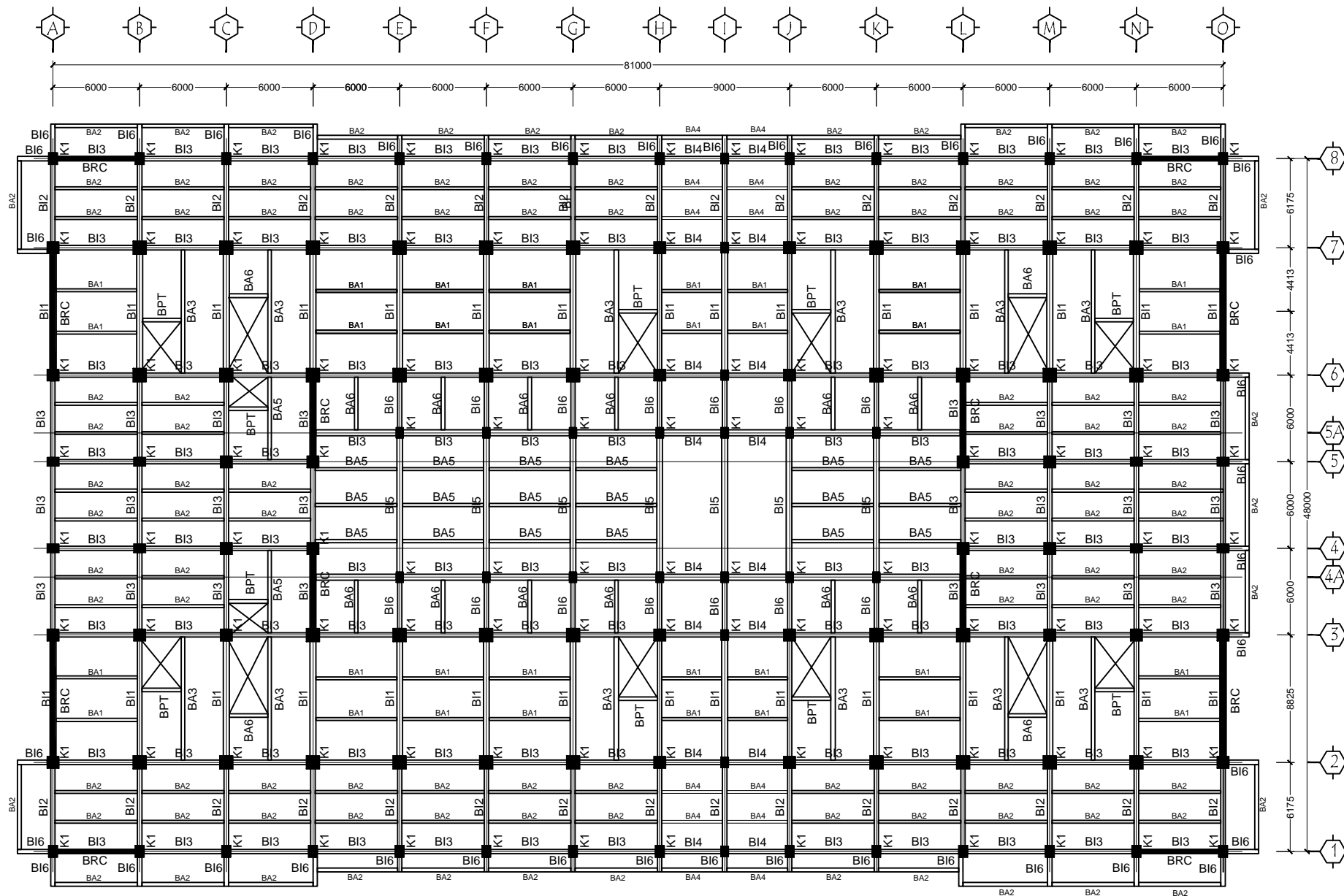
31

19-01-2017



DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. P1-P3

SKALA 1 : 100



## DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 4

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x9x14
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 300x150x6,5x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
BA7	WF 400x300x10x16
B1	WF 400x300x10x16
B2	WF 450x300x10x15
B3	WF 450x200x9x14
B4	WF 450x200x8x12
B5	WF 450x300x10x15
B6	WF 400x300x10x16
K1	CFT 800x800x25x25

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH RENCANA  
BALOK KOLOM Lt. 4

1 : 100

NO LEMBAR

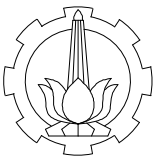
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

12

31

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x9x14
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 300x150x6,5x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
BA7	WF 400x300x10x16
BI1	WF 400x300x10x16
BI2	WF 450x300x10x15
BI3	WF 450x200x9x14
BI4	WF 450x200x8x12
BI5	WF 450x300x10x15
BI6	WF 400x300x10x16
K2	CFT 700x700x22x22

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH RENCANA  
BALOK KOLOM Lt. 5

1 : 100

NO LEMBAR

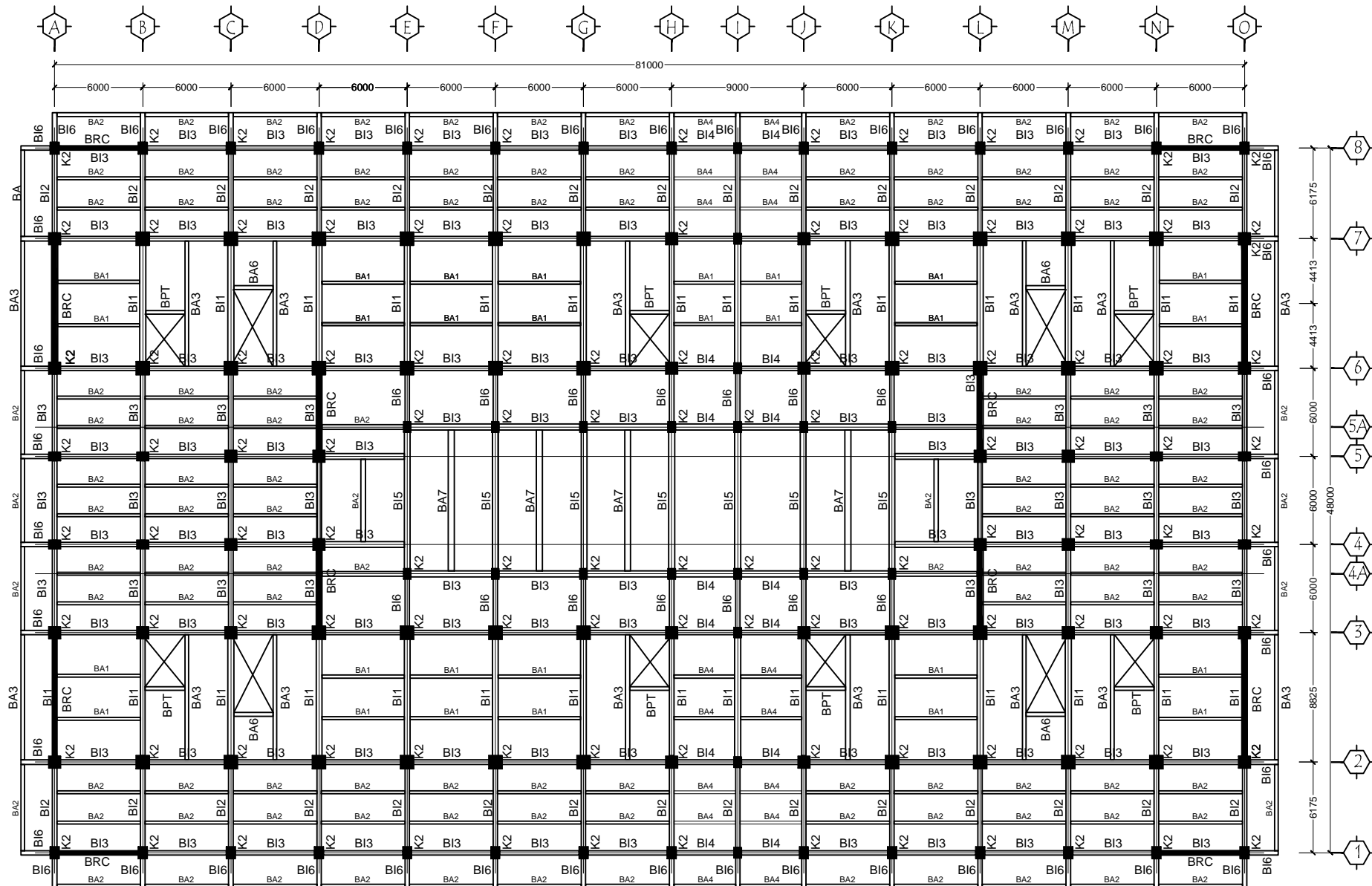
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

13

31

19-01-2017



DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 5

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube dan  
Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x9x14
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x10x16
BA4	WF 300x150x6,5x9
BA5	WF 300x200x8x12
BA6	WF 250x125x6x9
BA7	WF 400x300x10x16
BI1	WF 400x300x10x16
BI2	WF 450x300x10x15
BI3	WF 450x200x9x14
BI4	WF 450x200x8x12
BI5	WF 450x300x10x15
BI6	WF 400x300x10x16
K2	CFT 700x700x22x22

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH RENCANA  
BALOK KOLOM Lt. 6 s/d 19

1 : 100

NO LEMBAR

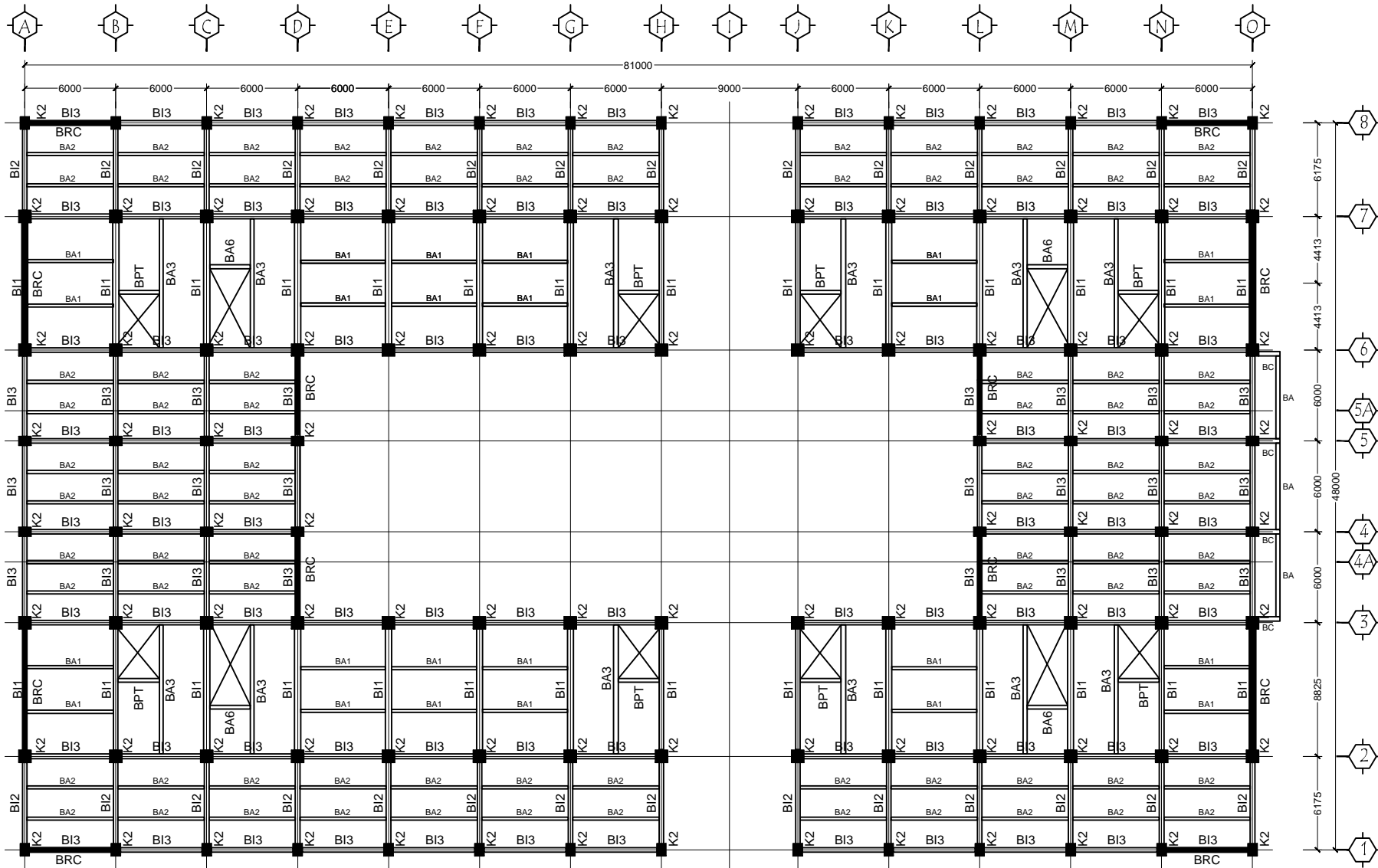
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

14

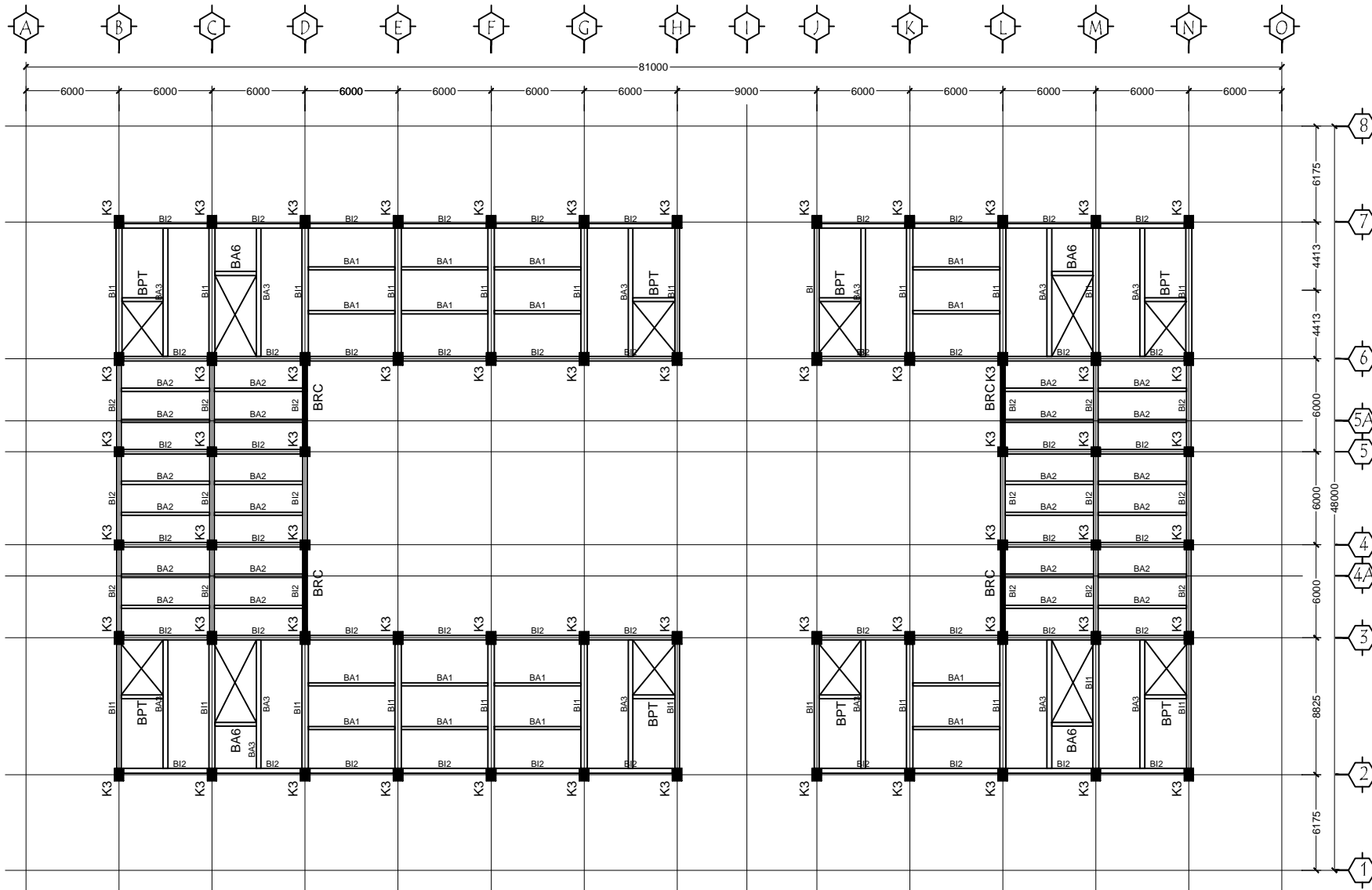
31

19-01-2017



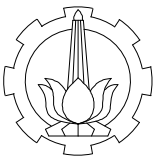
DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 6 s/d 19

SKALA 1 : 100



## DENAH RENCANA BALOK KOLOM Lt. 20

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube dan  
Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

KODE	DIMENSI PROFIL
BA1	WF 300x200x8x12
BA2	WF 300x200x8x12
BA3	WF 400x300x9x14
BI1	WF 350x250x8x12
BI2	WF 400x300x9x14
K3	CFT 600x600x12x12

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH RENCANA  
BALOK KOLOM Lt. 20

1 : 100

NO LEMBAR

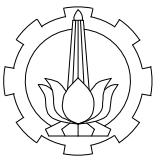
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

15

31

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA  
PONDASI DAN SLOOF

SKALA

1 : 100

NO LEMBAR

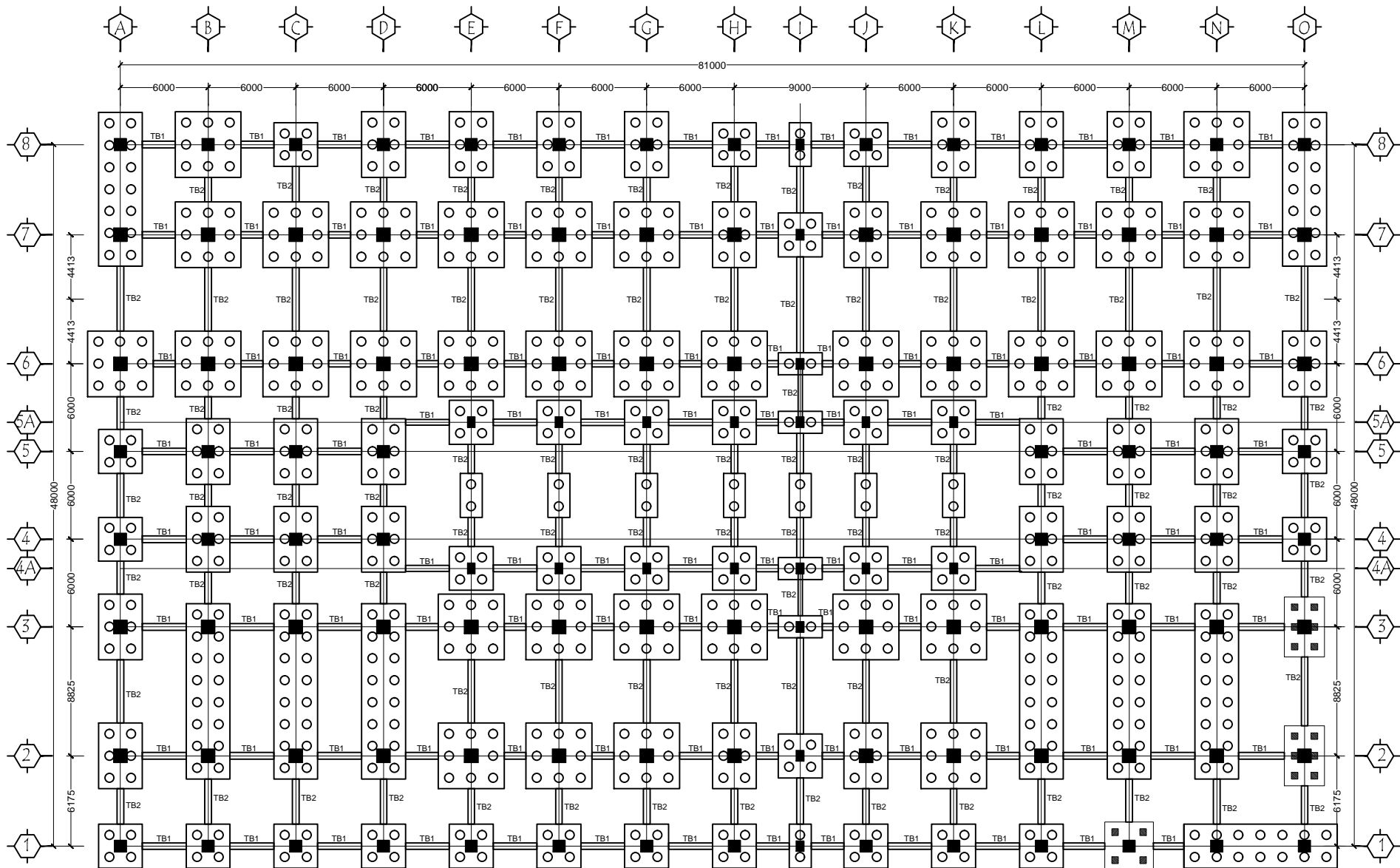
16

JUMLAH  
LEMBAR

31

TANGGAL

19-01-2017



P1 (3000x1500x1500)  
2 PANCANG, H= 30 m

P2 (3000x3000x1500)  
4 PANCANG, H= 30 m

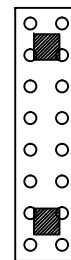
P3 (3200x4800x1500)  
6 PANCANG, H= 30 m

P4 (4500x4500x1500)  
9 PANCANG, H= 30 m

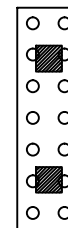


DENAH RENCANA PONDASI DAN SLOOF

SKALA 1 : 100



P5 (3200x12800x1500)  
16 PANCANG, H= 30 m



P6 (3200x12000x1500)  
14 PANCANG, H= 30 m



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN  
BALOK ANAK DAN BALOK INDUK  
LANTAI P1-P3

1 : 5

NO LEMBAR

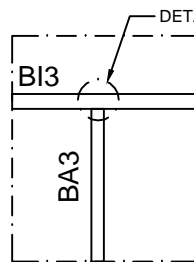
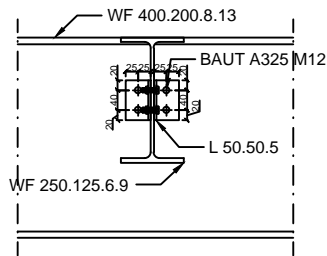
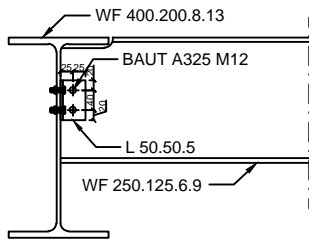
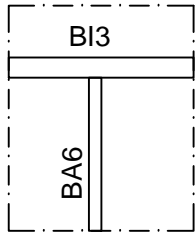
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

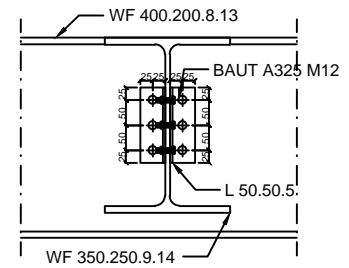
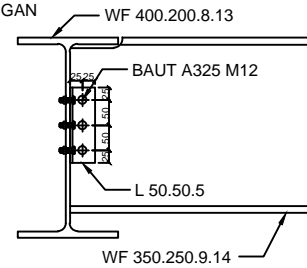
17

31

19-01-2017



DETAIL SAMBUNGAN



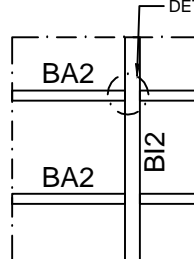
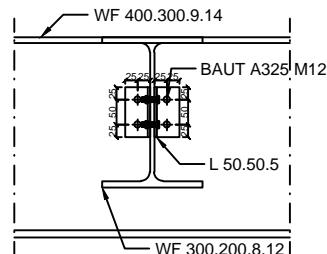
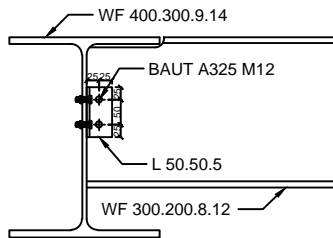
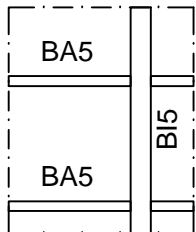
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA6 DAN BALOK INDUK BI3

SKALA 1 : 5

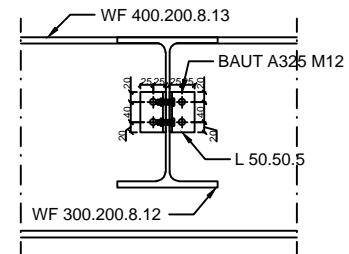
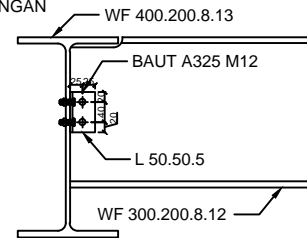


SAMBUNGAN BALOK ANAK BA3 DAN BALOK INDUK BI3

SKALA 1 : 5



DETAIL SAMBUNGAN



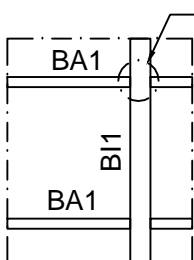
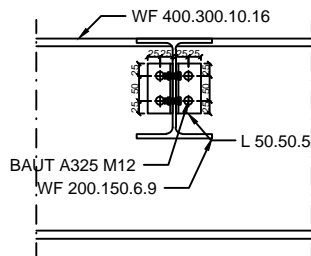
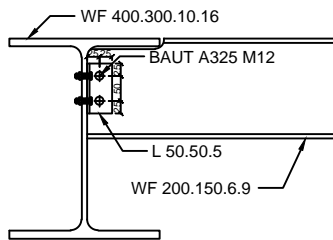
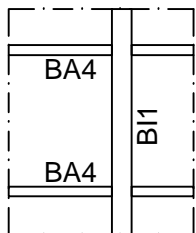
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA5 DAN BALOK INDUK BI5

SKALA 1 : 5

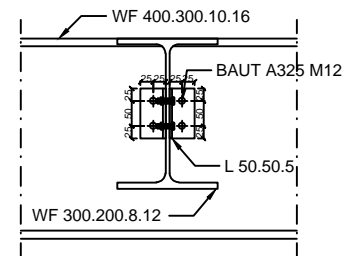
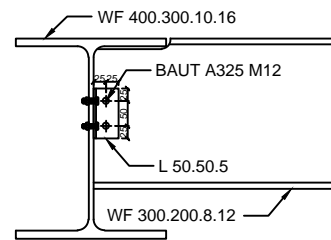


SAMBUNGAN BALOK ANAK BA2 DAN BALOK INDUK BI2

SKALA 1 : 5



DETAIL SAMBUNGAN



SAMBUNGAN BALOK ANAK BA4 DAN BALOK INDUK BI1

SKALA 1 : 5



SAMBUNGAN BALOK ANAK BA1 DAN BALOK INDUK BI1

SKALA 1 : 5



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN  
BALOK ANAK DAN BALOK INDUK  
LANTAI 4-19

1 : 5

NO LEMBAR

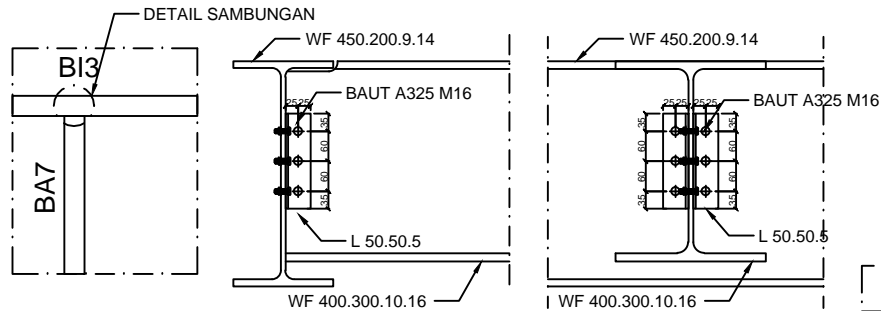
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

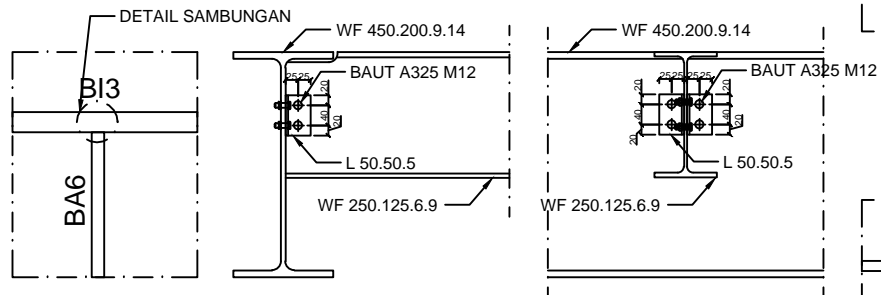
18

31

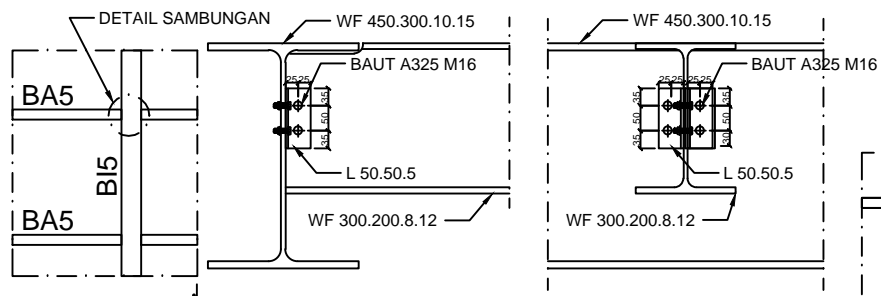
19-01-2017



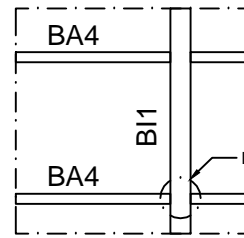
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA7 DAN BALOK INDUK BI3  
SKALA 1 : 5



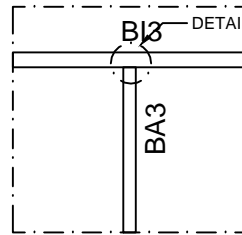
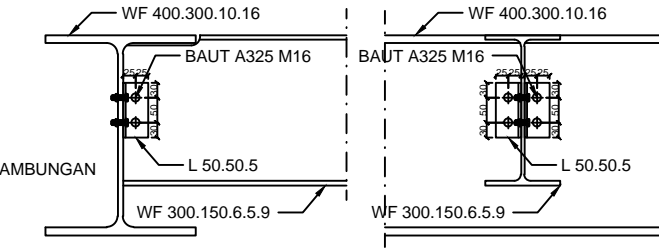
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA6 DAN BALOK INDUK BI3  
SKALA 1 : 5



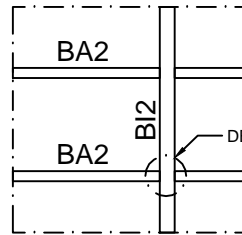
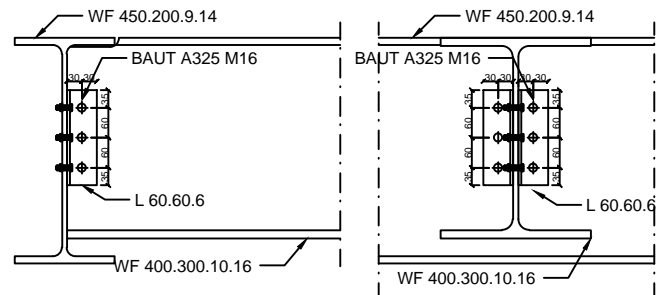
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA5 DAN BALOK INDUK BI5  
SKALA 1 : 5



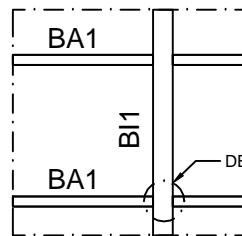
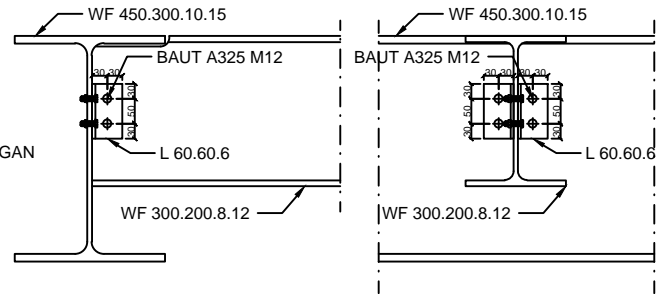
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA4 DAN BALOK INDUK BI1  
SKALA 1 : 5



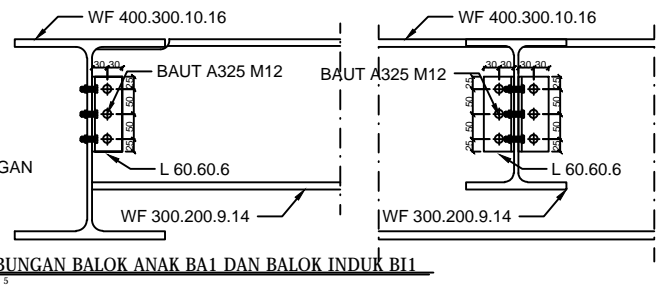
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA3 DAN BALOK INDUK BI3  
SKALA 1 : 5



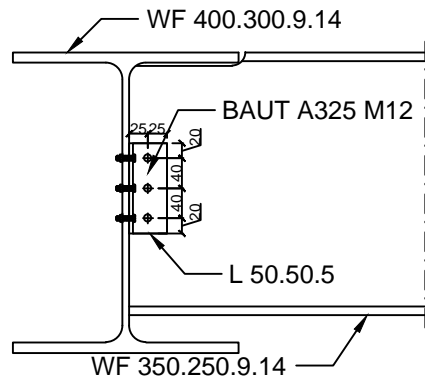
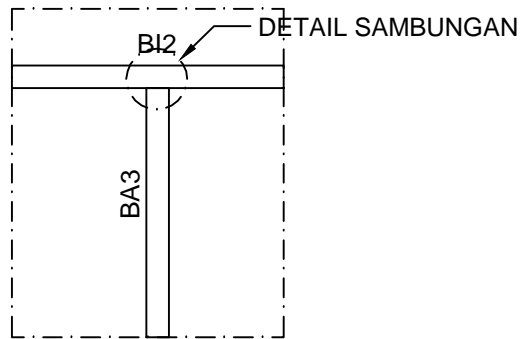
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA2 DAN BALOK INDUK BI2  
SKALA 1 : 5



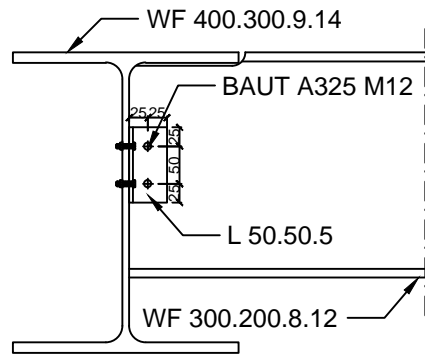
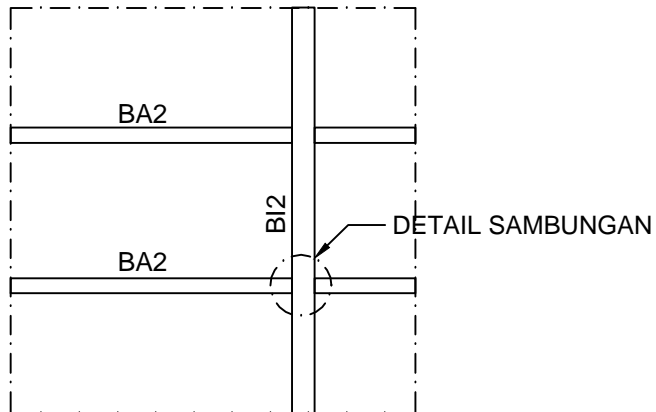
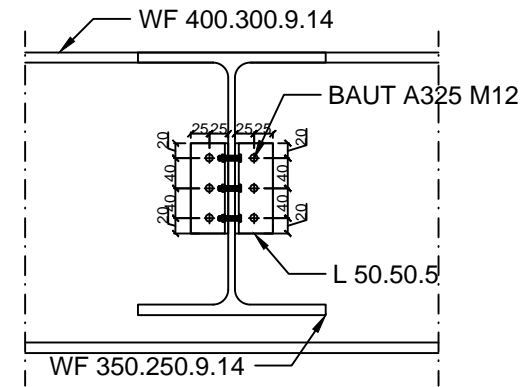
SAMBUNGAN BALOK ANAK BA1 DAN BALOK INDUK BI1  
SKALA 1 : 5



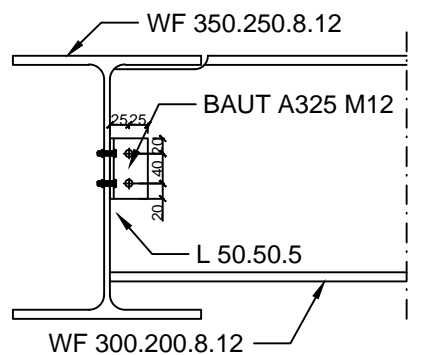
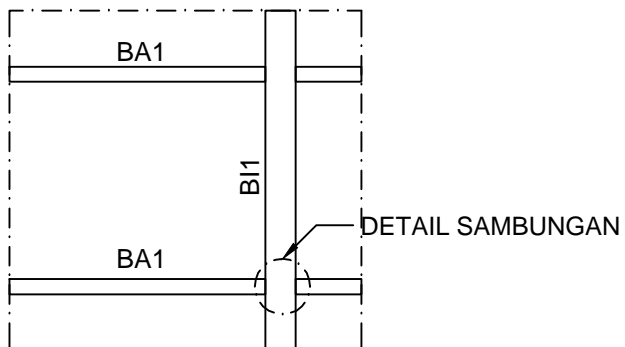
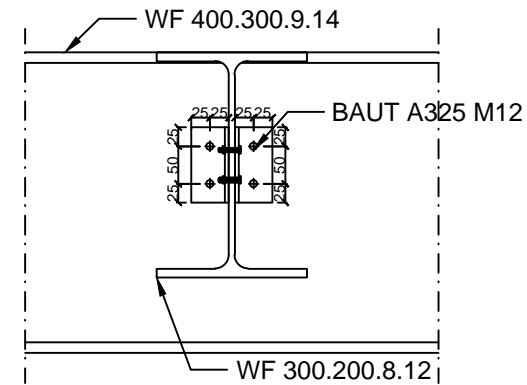




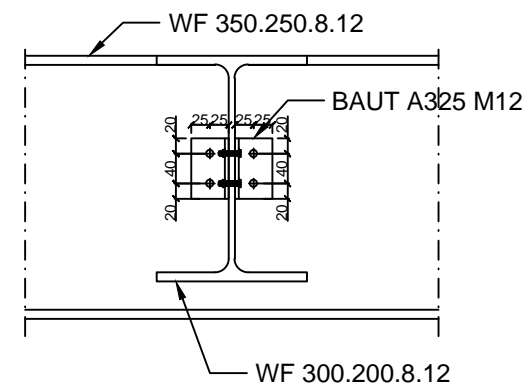
**SAMBUNGAN BALOK ANAK BA3 DAN BALOK INDUK BI2**  
SKALA 1 : 5



**SAMBUNGAN BALOK ANAK BA2 DAN BALOK INDUK BI2**  
SKALA 1 : 5



**SAMBUNGAN BALOK ANAK BA1 DAN BALOK INDUK BI1**  
SKALA 1 : 5



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN  
BALOK ANAK DAN BALOK INDUK  
LANTAI 20

1 : 5

NO LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

19

31

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN  
BALOK DENGAN KOLOM

1 : 10

NO LEMBAR

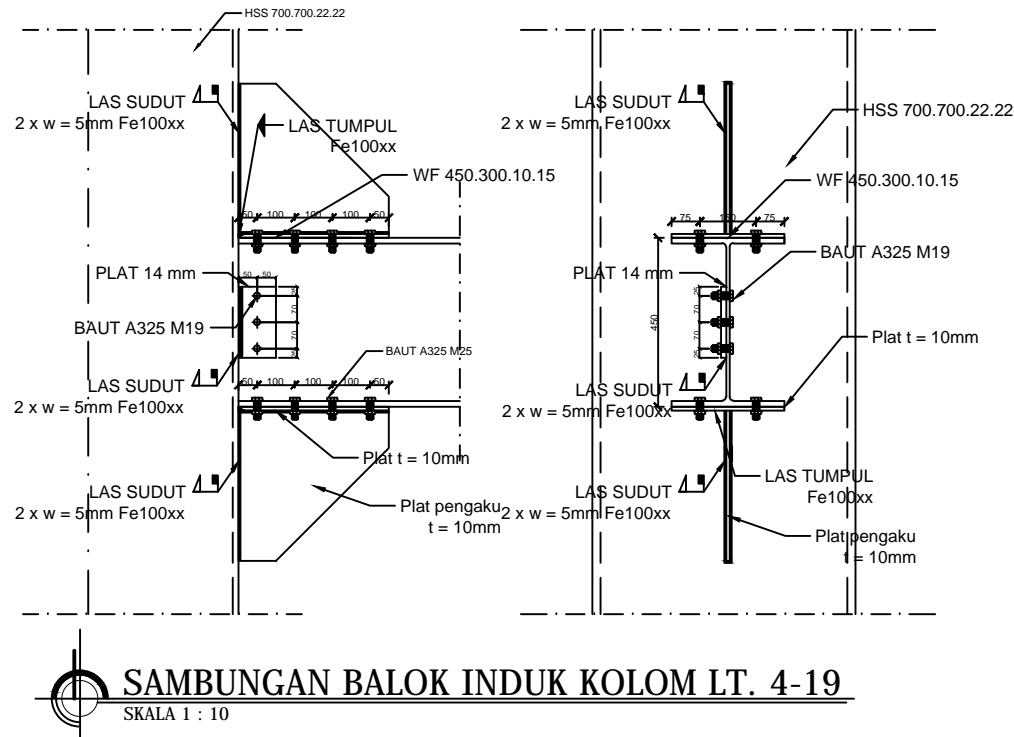
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

20

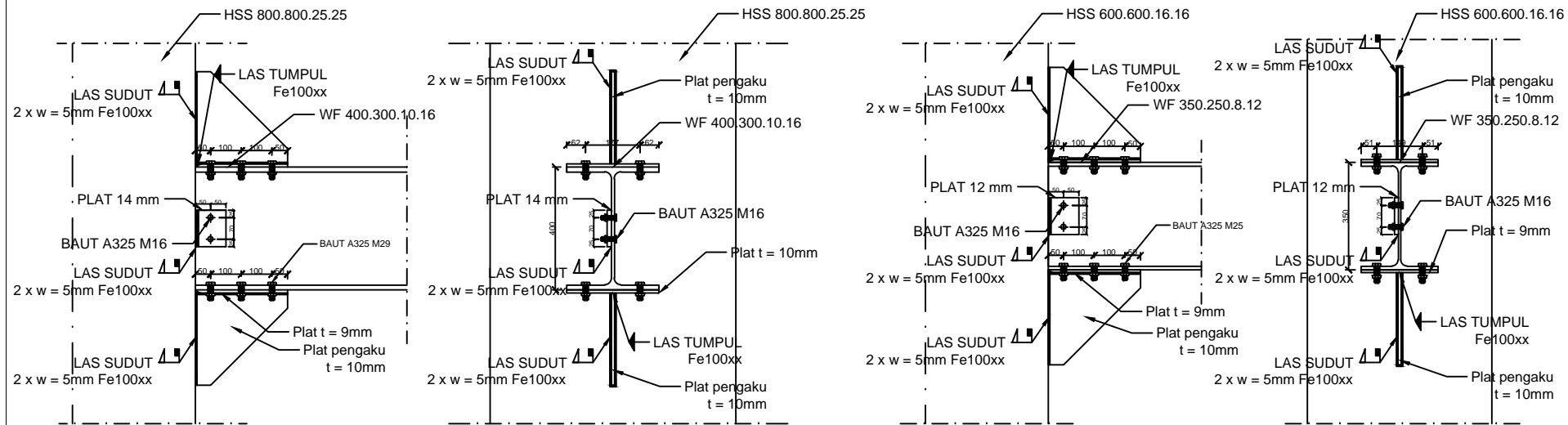
31

19-01-2017



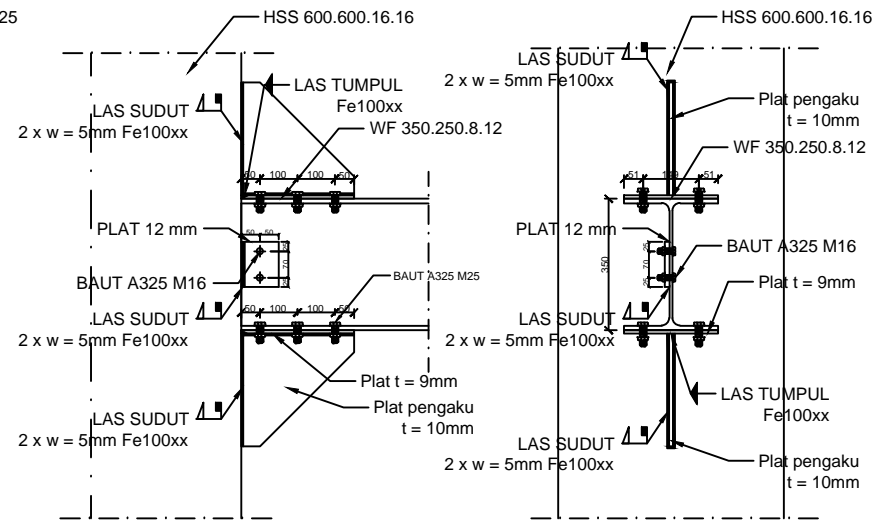
SAMBUNGAN BALOK INDUK KOLOM LT. 4-19

SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN BALOK INDUK KOLOM LT. P1,P2,P3

SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN BALOK INDUK KOLOM LT. 20

SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

PERENCANAAN TANGGA  
DAN DETAIL

1:150

1:10

NO LEMBAR

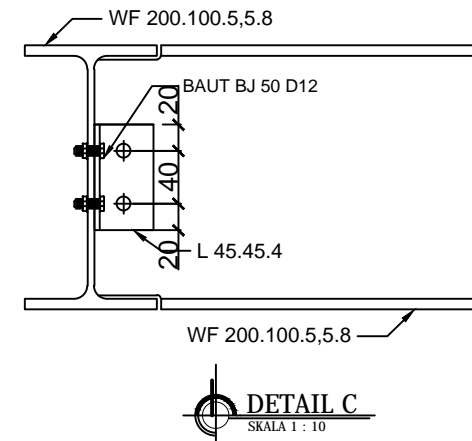
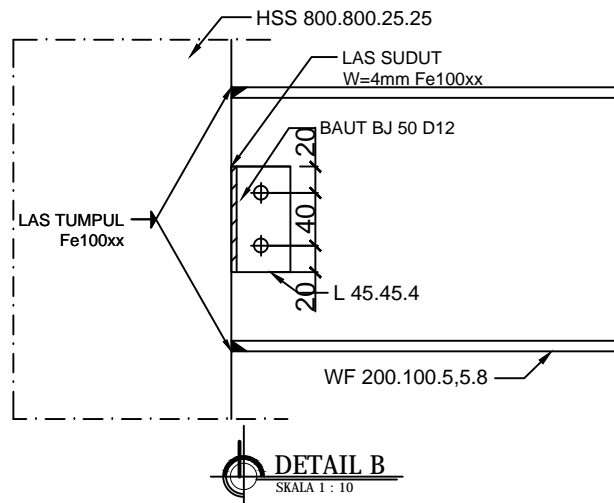
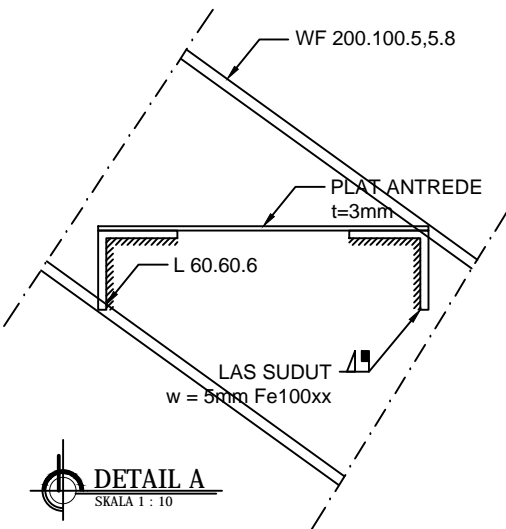
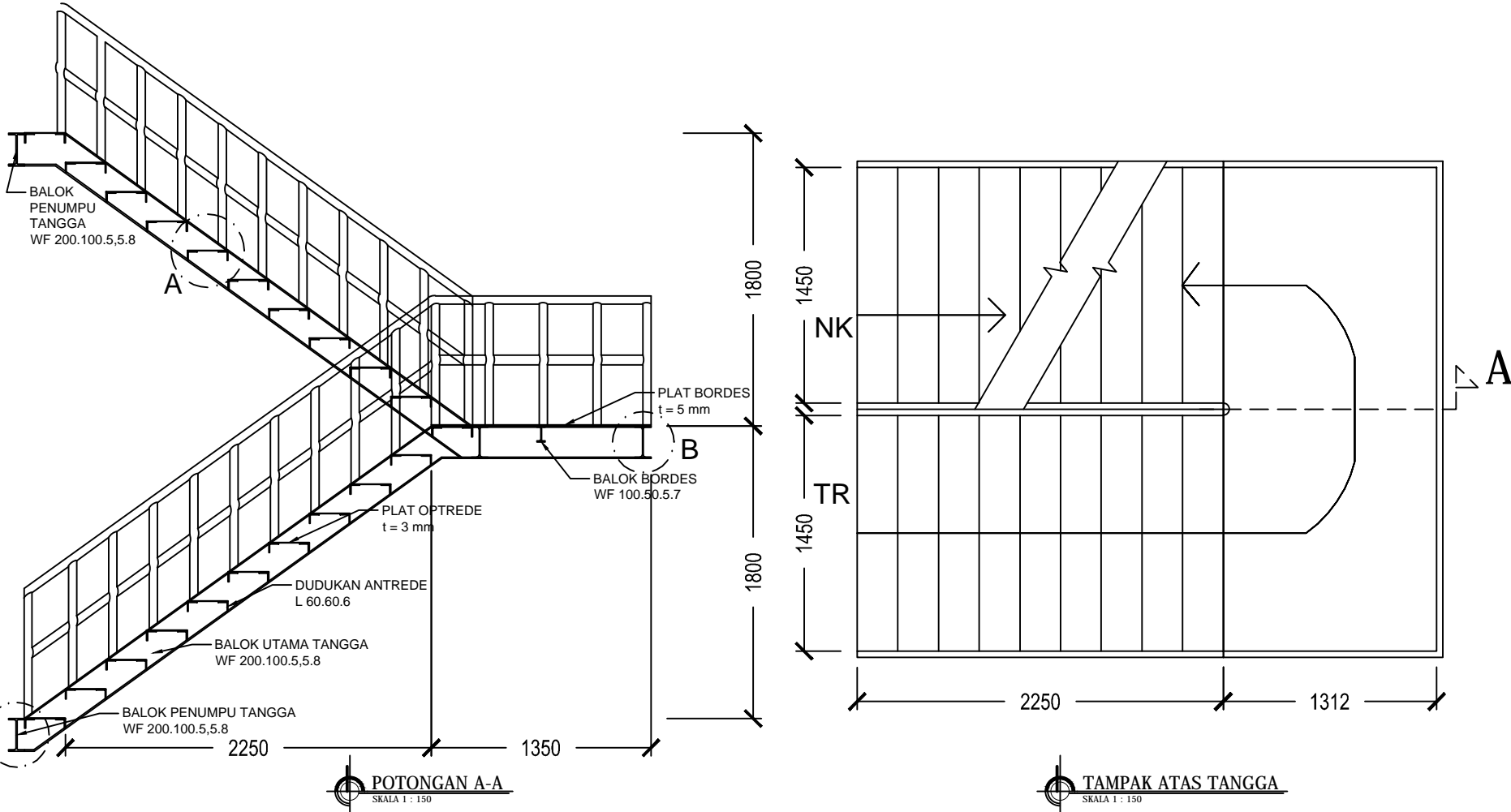
JUMLAH  
LEMBAR

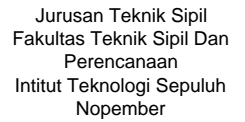
TANGGAL

21

31

19-01-2017





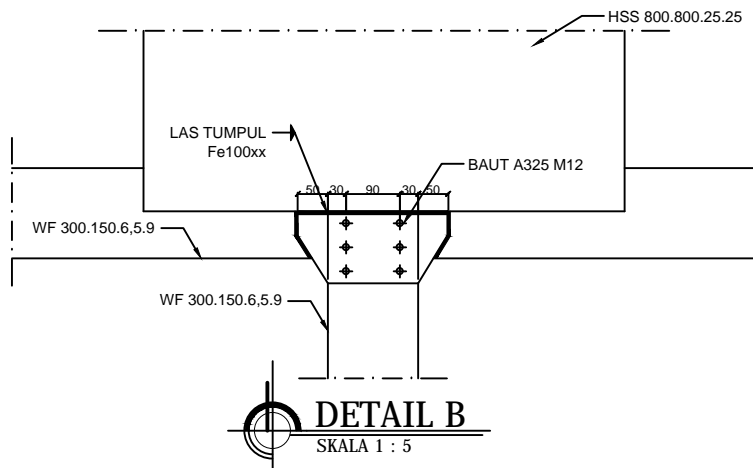
Modifikasi Perencanaan  
Apartemen  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

## APARTEMEN BALE HINGGIL

**ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.**

(3114106056)

19-01-2017





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN  
BRACING DENGAN KOLOM DAN  
BRACING DENGAN BALOK

1 : 10

NO LEMBAR

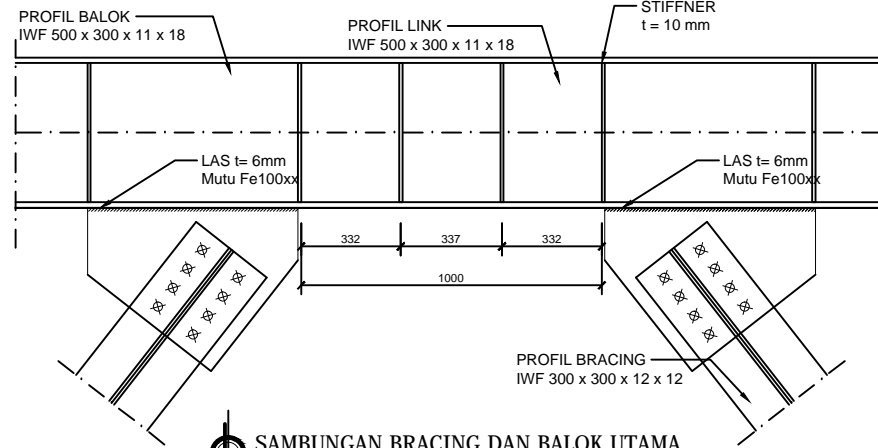
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

23

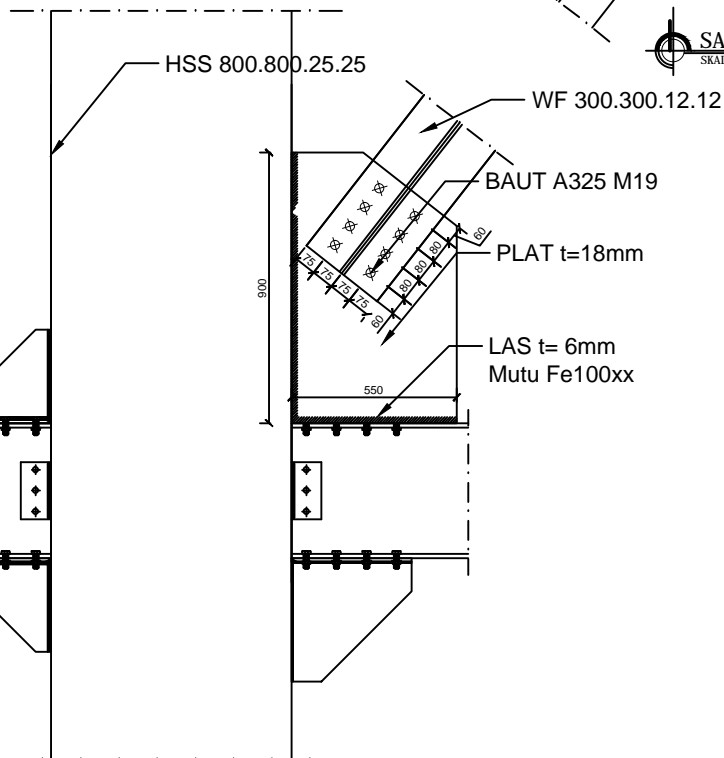
31

19-01-2017



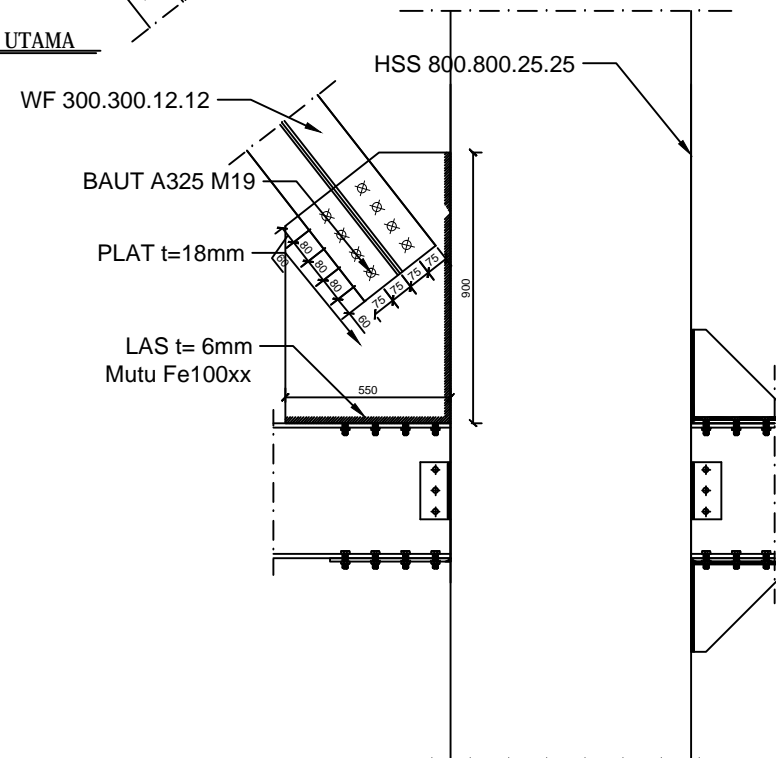
SAMBUNGAN BRACING DAN BALOK UTAMA

SKALA 1 : 10



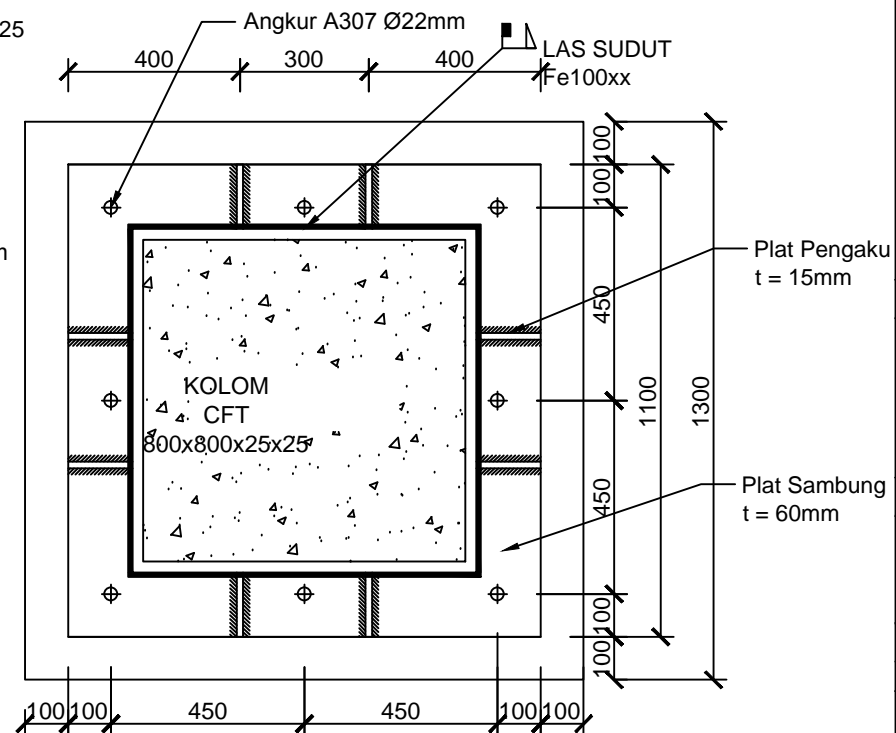
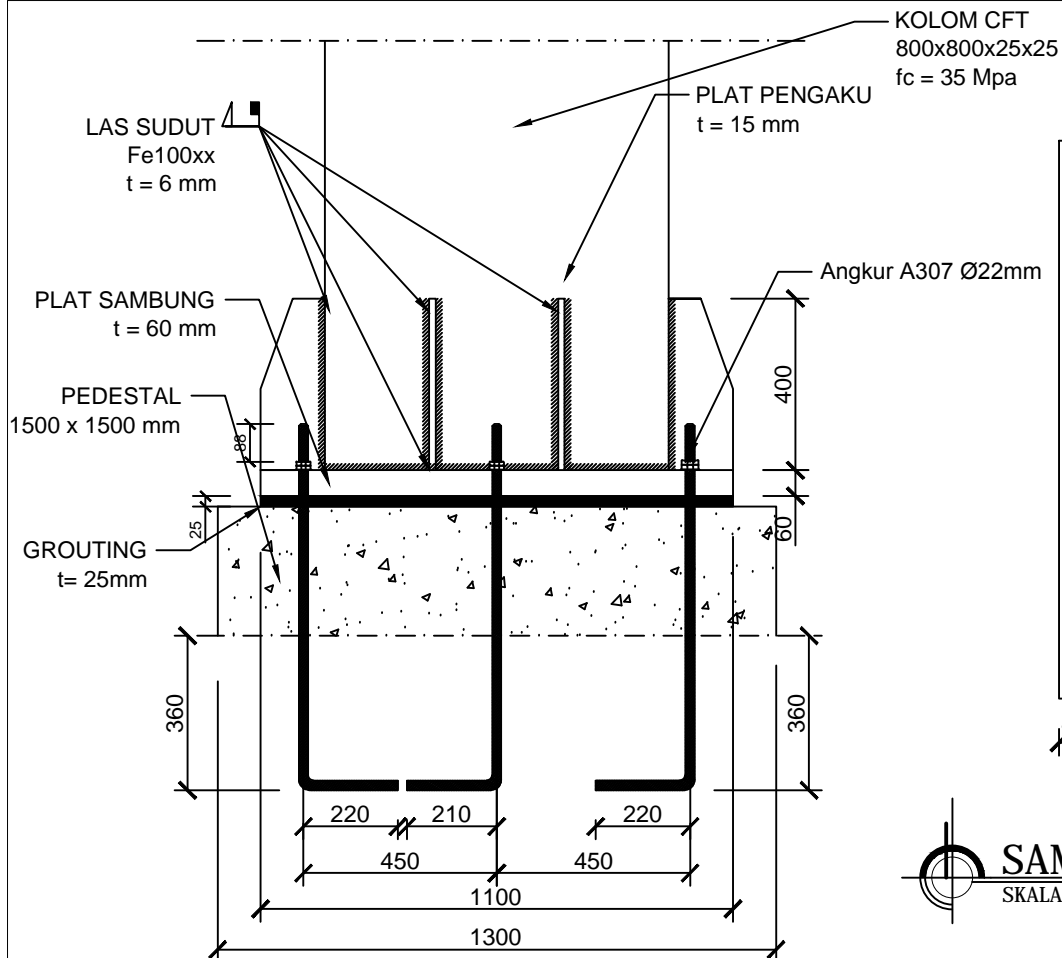
SAMBUNGAN BRACING DAN KOLOM UTAMA KIRI

SKALA 1 : 10



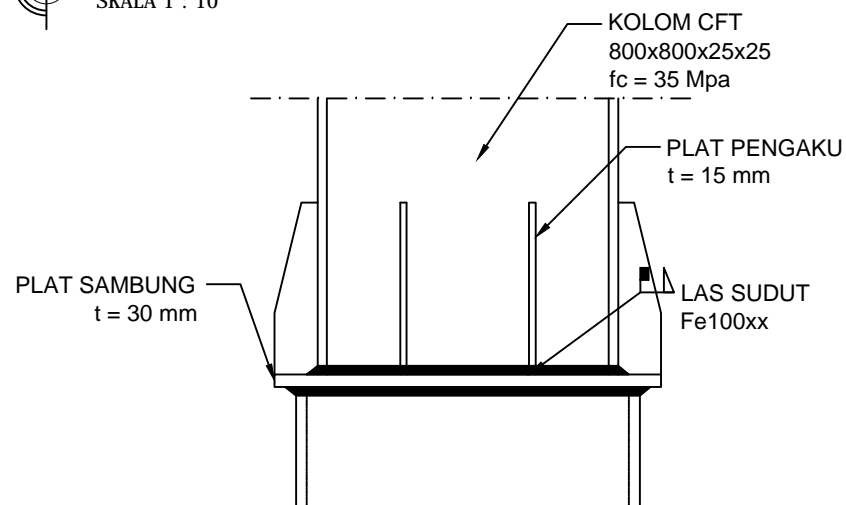
SAMBUNGAN BRACING DAN KOLOM UTAMA KANAN

SKALA 1 : 10



## SAMBUNGAN KOLOM DAN BASE PLATE

SKALA 1 : 10



## SAMBUNGAN KOLOM DAN KOLOM

SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

SAMBUNGAN  
KOLOM DAN BASE PLATE

1 : 10

NO LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

24

31

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN  
POER DAN PONDASI I

1 : 15

NO LEMBAR

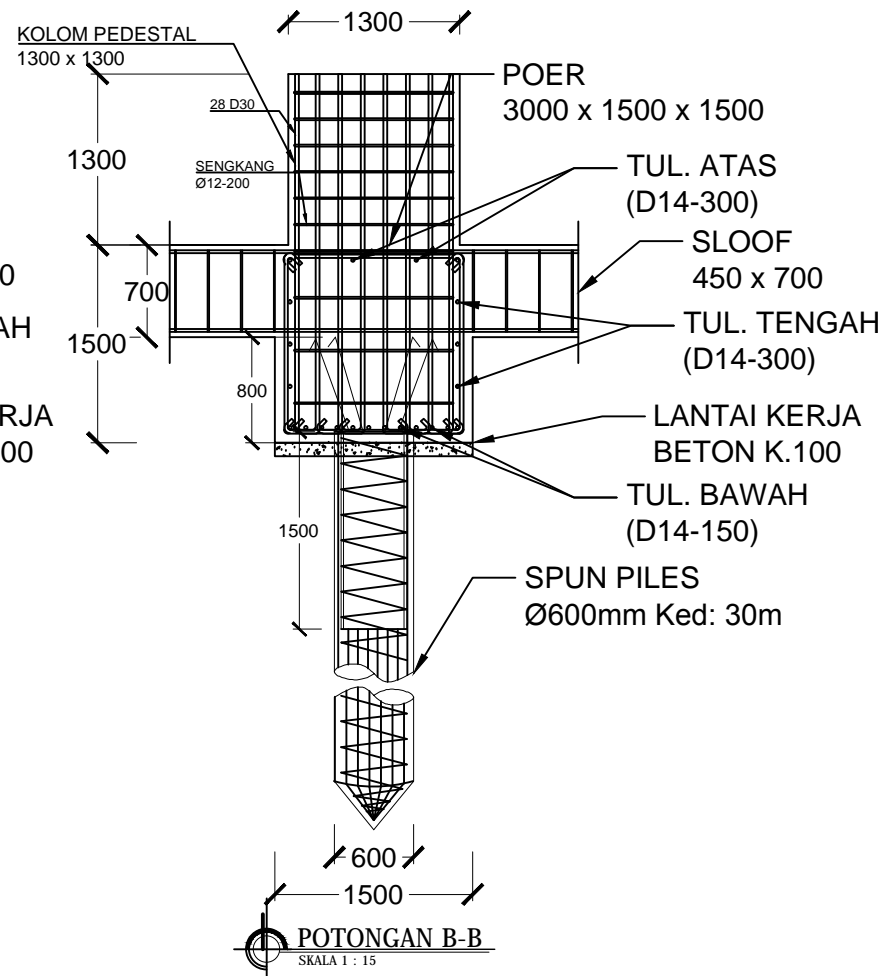
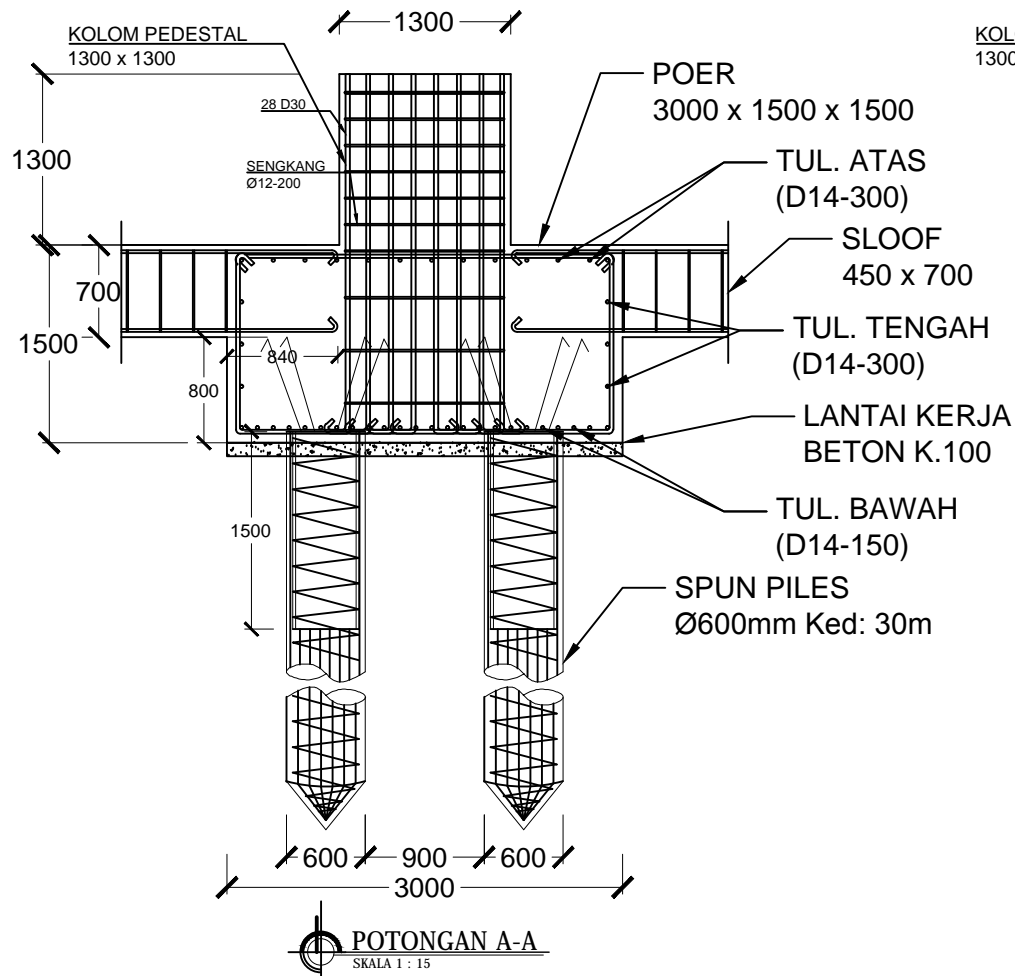
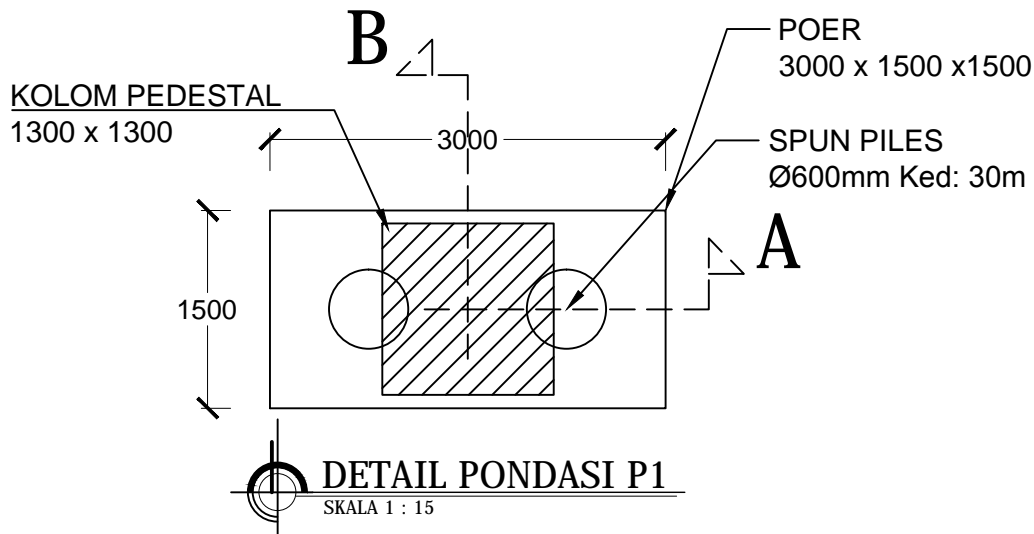
JUMLAH  
LEMBAR

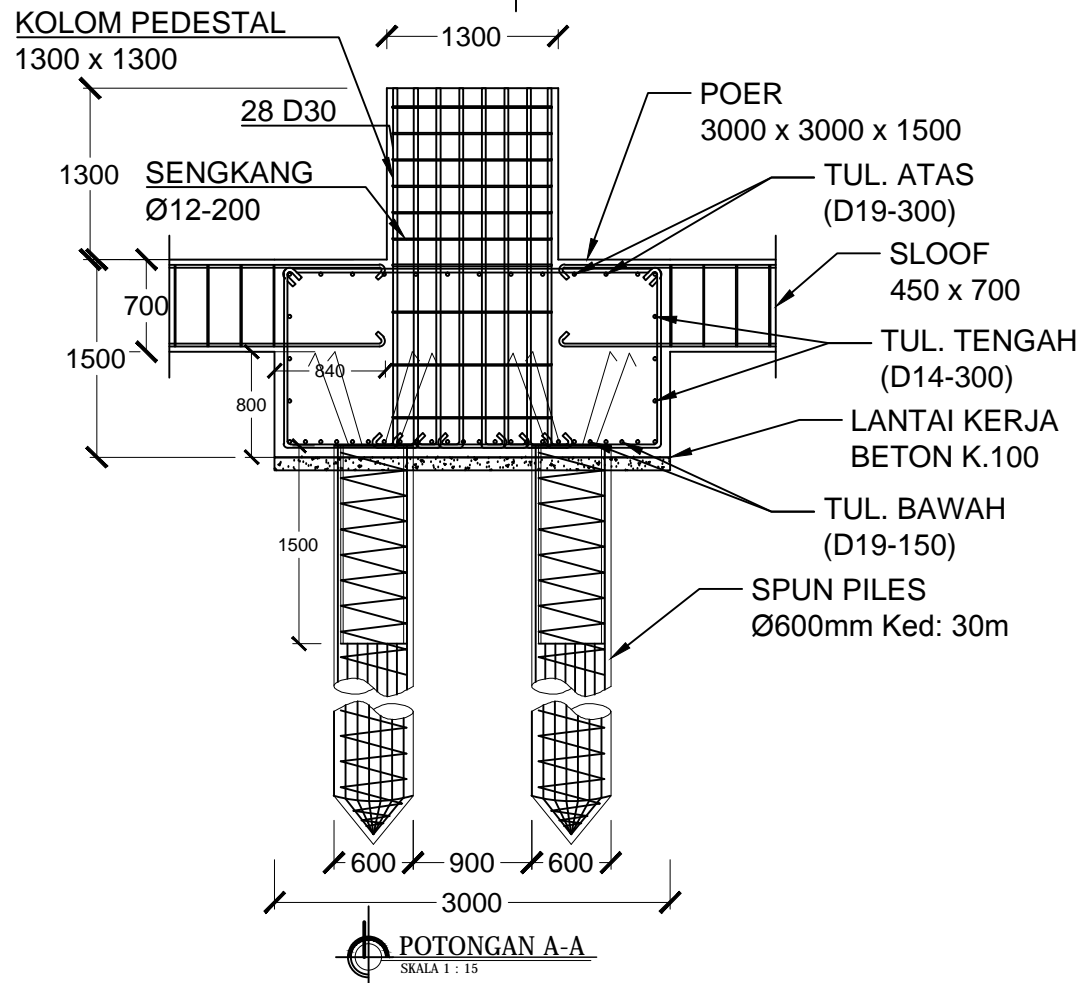
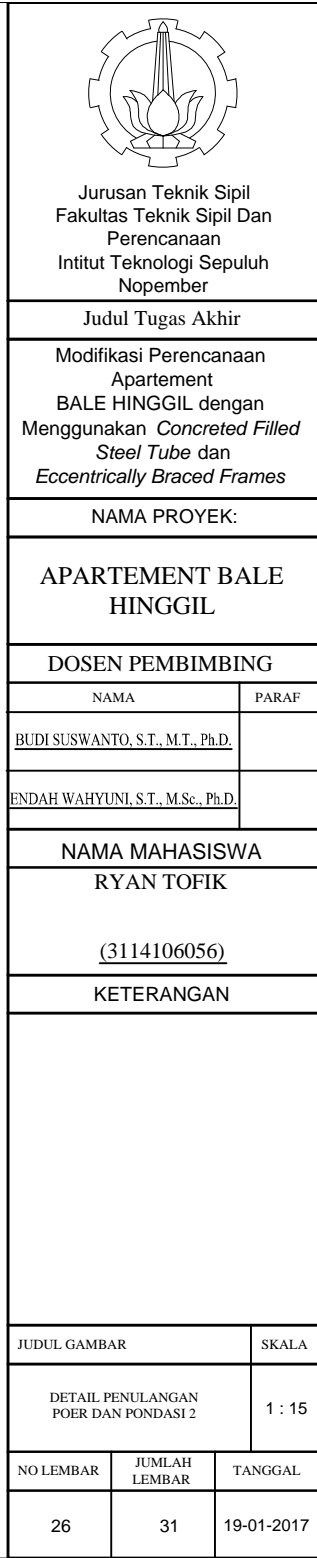
TANGGAL

25

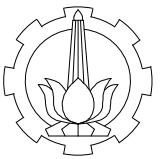
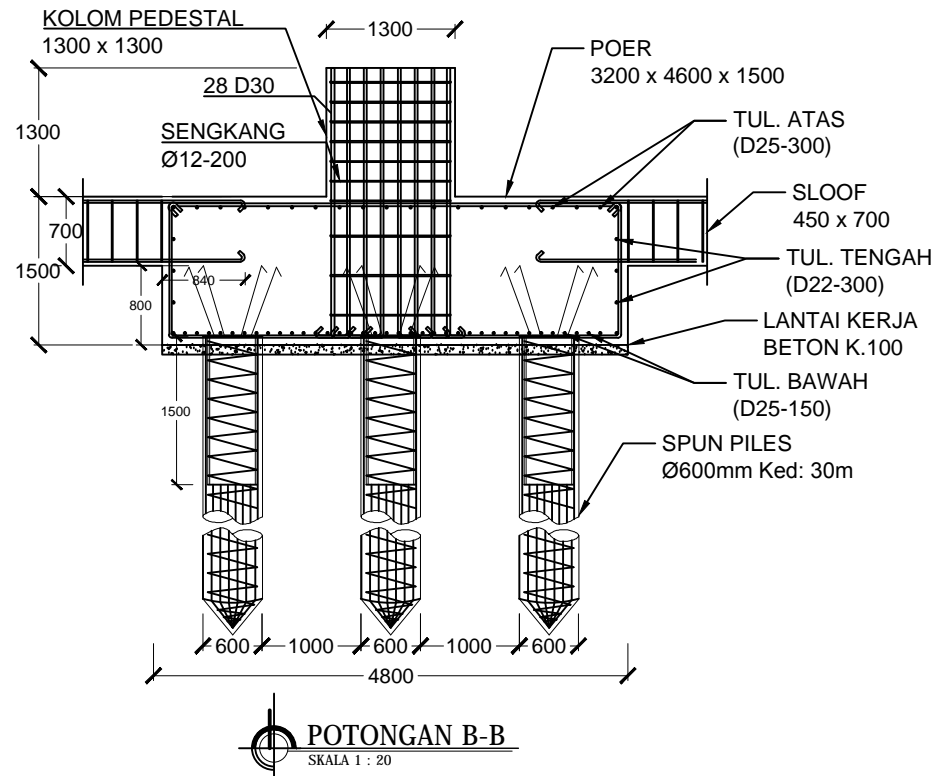
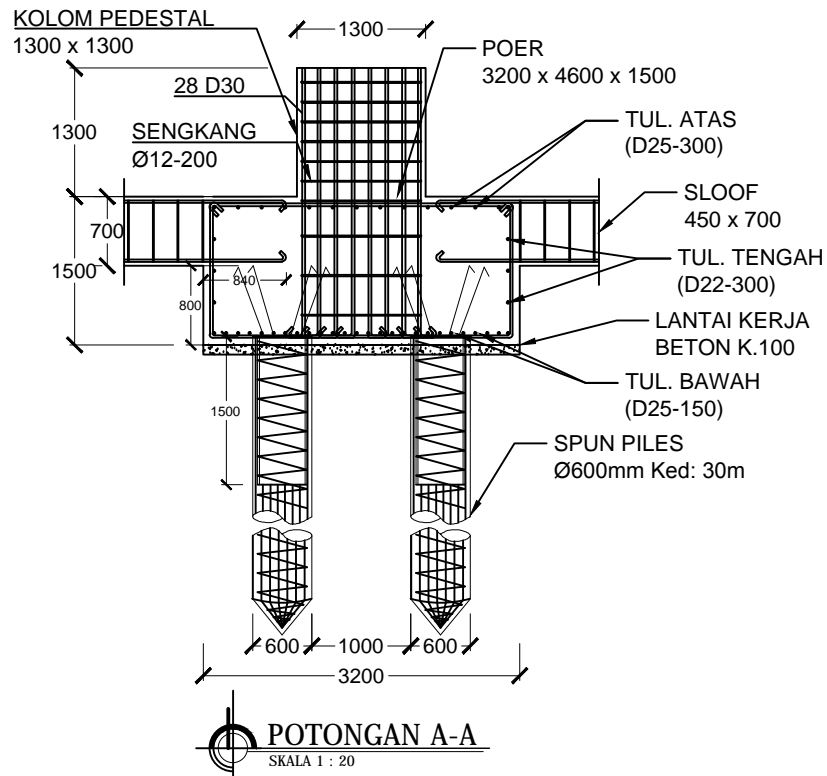
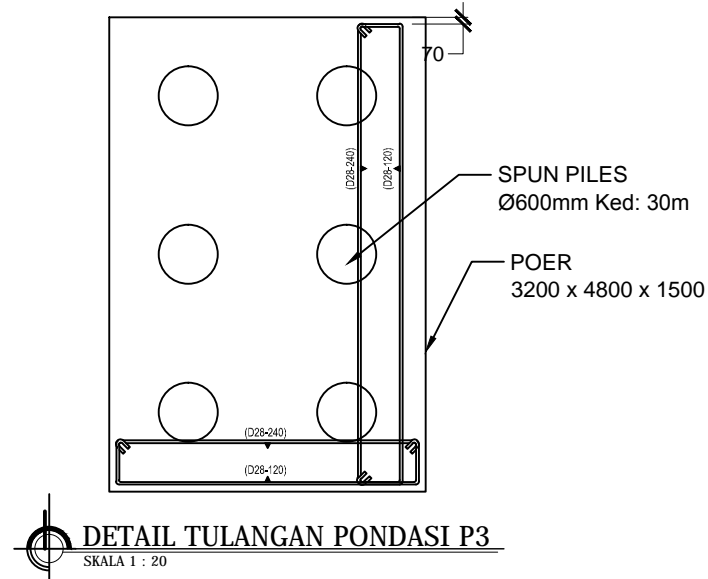
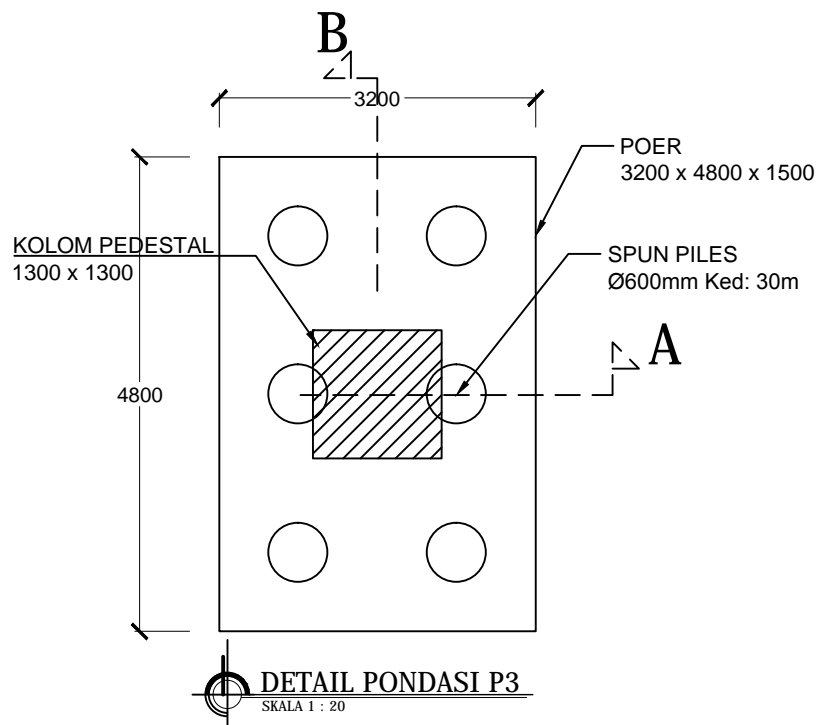
31

19-01-2017









Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

**APARTEMENT BALE  
HINGGIL**

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN  
POER DAN PONDASI 3

1 : 20

NO LEMBAR

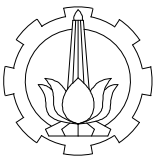
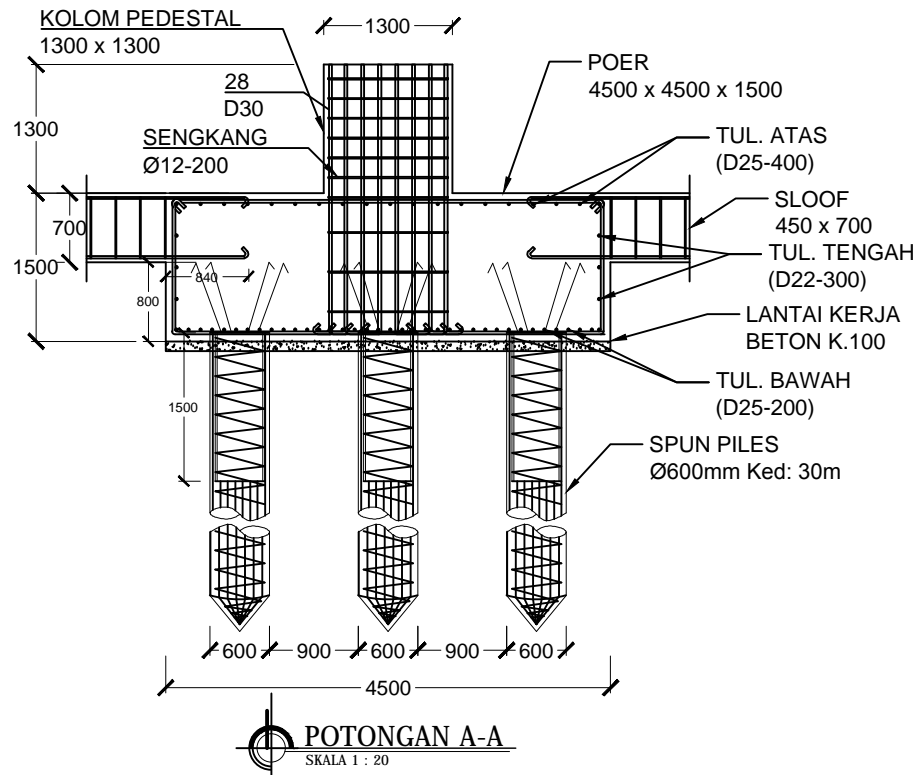
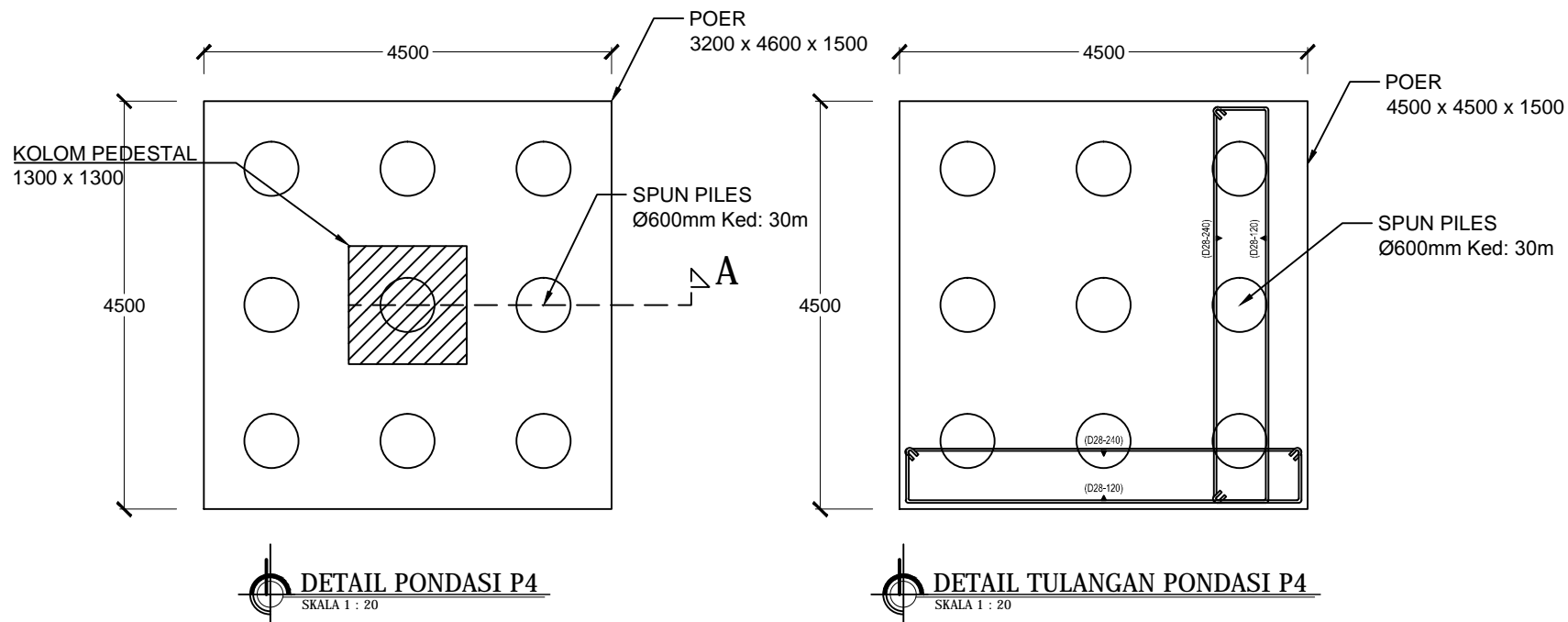
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

27

31

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN  
POER DAN PONDASI 4

1 : 20

NO LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

28

31

19-01-2017



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN  
POER DAN PONDASI 5

1 : 25

NO LEMBAR

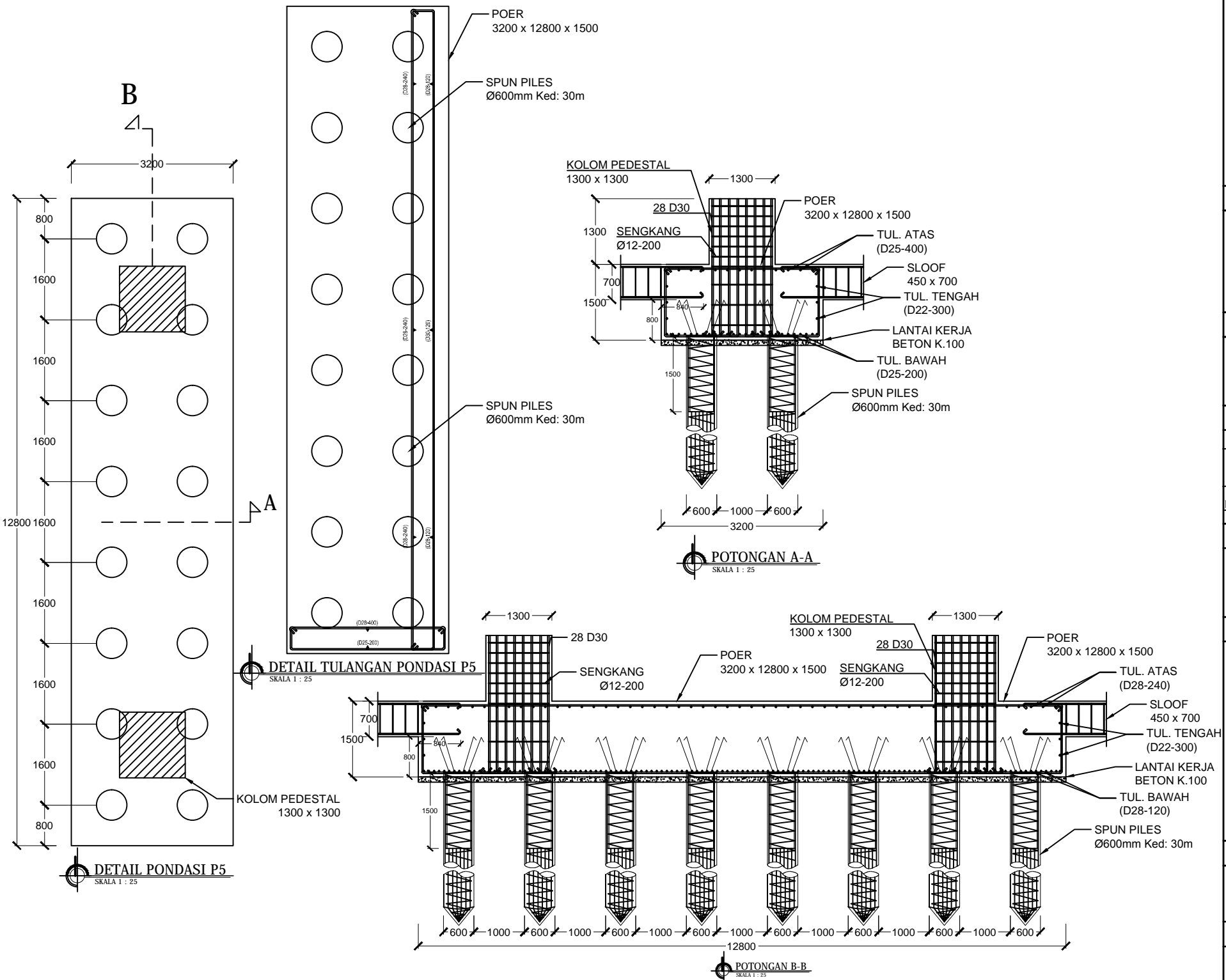
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

29

31

19-01-2017





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMEN BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA	PARAF
BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.	
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.	

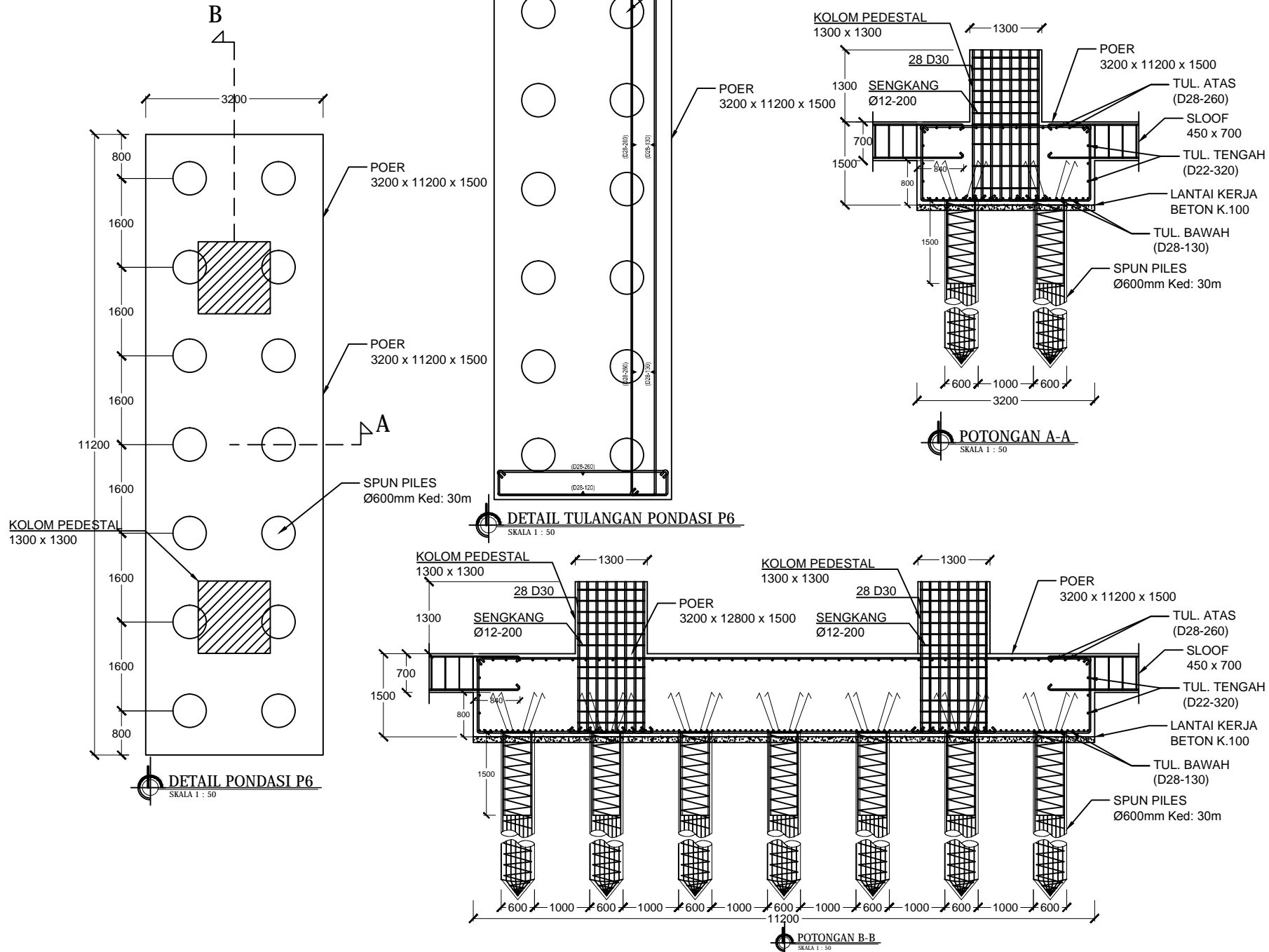
NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR		SKALA
DETAIL PENULANGAN POER DAN PONDASI 6		1 : 25
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	TANGGAL
30	31	19-01-2017





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember

Judul Tugas Akhir

Modifikasi Perencanaan  
Apartement  
BALE HINGGIL dengan  
Menggunakan *Concreted Filled  
Steel Tube* dan  
*Eccentrically Braced Frames*

NAMA PROYEK:

APARTEMENT BALE  
HINGGIL

DOSEN PEMBIMBING

NAMA

PARAF

BUDI SUSWANTO, S.T., M.T., Ph.D.

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWA

RYAN TOFIK

(3114106056)

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DETAIL SLOOF  
DAN PEDESTAL

1 : 5

NO LEMBAR

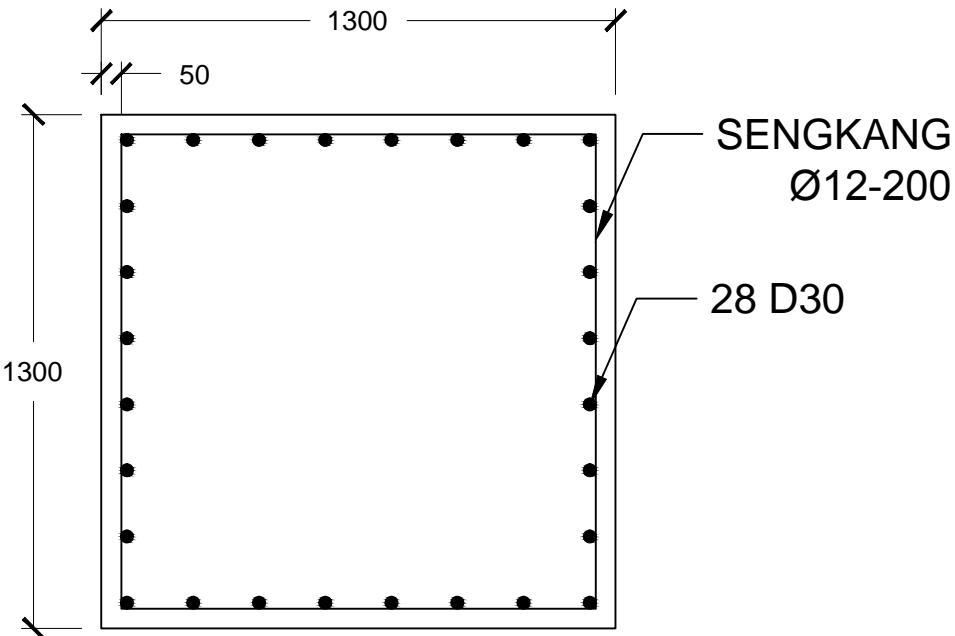
JUMLAH  
LEMBAR

TANGGAL

31

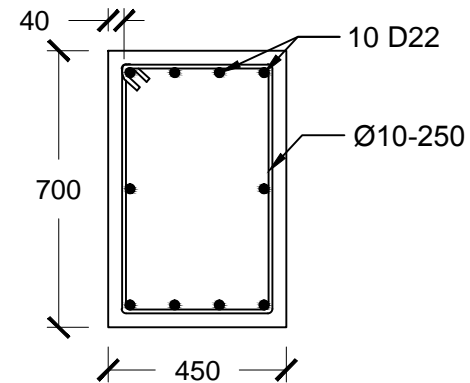
31

19-01-2017

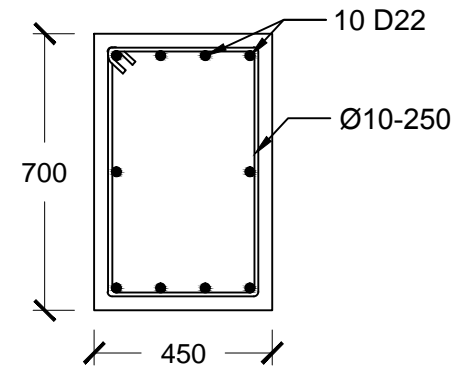


DETAIL PENULANGAN PEDESTAL

SKALA 1 : 5



TUMPUAN

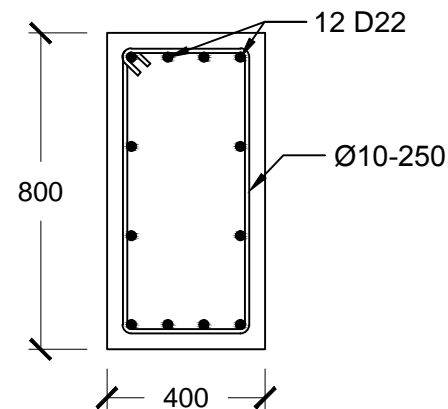


LAPANGAN

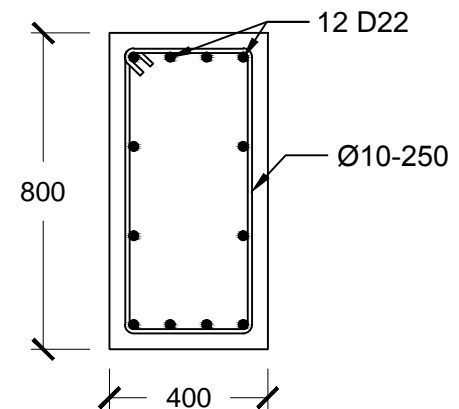


DETAIL PENULANGAN TIE BEAM 1

SKALA 1 : 5



TUMPUAN



LAPANGAN



DETAIL PENULANGAN TIE BEAM 2

SKALA 1 : 5

## DRILLING LOG

Client	=	PT. TLATAH GEMA ANUGERAH	Type of Drilling	=	Rotary drilling machine	Remarks
Project Name	=	APARTEMEN BALE HINGGIL	Date Start	=	23 September 2012	UD = Undisturb Sample
Bore Hole Name	=	BH-1	Date End	=	27 September 2012	CS = Core Sample
Ground Water Level	=		Driller	=	P. Sampun	SPT = SPT Test
Project Location	=	SEMAMPIR, SURABAYA				

Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test					N - Value																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
														15 cm	15 cm	15 cm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
0.00	0.00				START OF BORING																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1.00	-1.00				TIMBUNAN	WHITE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

<i>Diameter HTB (mm)</i>	<i>A325 (Ton)</i>	<i>A490 (Ton)</i>
<b>12</b>	<b>5.3</b>	<b>6.7</b>
<b>16</b>	<b>8.5</b>	<b>10.7</b>
<b>19</b>	<b>12.5</b>	<b>15.6</b>
<b>22</b>	<b>17.3</b>	<b>21.8</b>
<b>25</b>	<b>22.7</b>	<b>28.5</b>
<b>29</b>	<b>24.9</b>	<b>35.6</b>
<b>32</b>	<b>31.6</b>	<b>45.4</b>
<b>35</b>	<b>37.8</b>	<b>53.8</b>



# PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES ( JBI PILES ) JIS. A 5335



The manufacture of JBI piles uses a combined system : prestressing, spinning and steam curing which are done in the plant. Due to above system, the resulted processes the following qualities : Stable, high quality, high density of concrete, with extremely low absorption rate, totality free of corrosion problem. High resistance to shock, due to it's elasticity. The effective prestress at type A, AB, B, C are about 40, 60, 80, 100 Kg/Cm<sup>2</sup> respectively. Bearing capacity determined by the material with concrete allowable stress according to ACI 543 :  $0.33 \times 500 - 0.27 \times 40 = 154 \text{ Kg/Cm}^2$  (for type A pile, the other type are changed of effective prestressed).

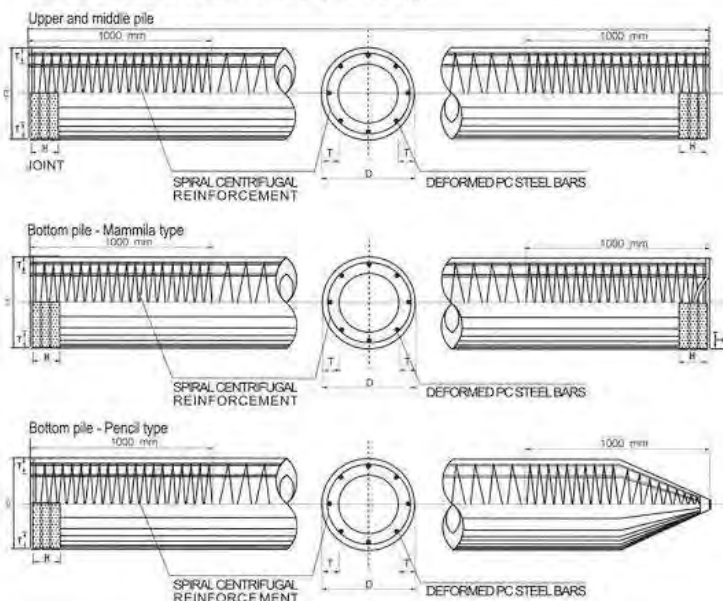
## Specification Of Prestressed Concrete Spun Piles, JIS A 5335

Out Side Diameter (mm)	Type ( Class )	Thickness (mm)	Cross Section Area (cm <sup>2</sup> )	Bearing Capacity ( ton ) ACI 543	Cracking Bending Moment (t.m)	Ultimate Bending Moment ( t.m )	Length ( meter ) & Weight ( ton )								
							7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m
300	A	60	452,4	70	2,5	3,8	0.82	0.94	1.06	1.18	1.29	1.41	1.53		
	AB				3,0	5,0									
	B				3,5	6,3									
	C				4,0	8,0									
350	A	65	582,0	90	3,5	5,2	1.06	1.21	1.36	1.51	1.66	1.81	1.97	2.12	2.27
	AB				4,0	7,1									
	B				5,0	9,0									
	C				6,0	12,0									
400	A	75	765,8	118	5,5	8,2	1.39	1.59	1.79	1.99	2.19	2.39	2.59	2.79	2.98
	AB				6,5	10,7									
	B				7,5	13,5									
	C				9,0	18,0									
450	A	80	929,9	143	7,5	11,2	1.69	1.93	2.17	2.42	2.66	2.90	3.14	3.38	3.62
	AB				9,0	15,5									
	B				11,0	19,8									
	C				12,5	25,0									
500	A	90	1.159,0	178	10,5	15,7	2.11	2.41	2.71	3.01	3.31	3.62	3.92	4.22	4.52
	AB				12,5	18,8									
	B				15,0	27,0									
	C				17,0	34,0									
600	A	100	1.570,8	242	17,0	25,5	2.86	3.27	3.67	4.08	4.49	4.90	5.31	5.71	6.12
	AB				20,0	35,3									
	B				25,0	45,0									
	C				29,0	58,0									

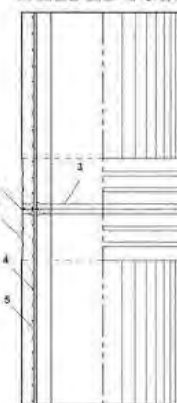
Concrete Strength,  $f_c = 500 \text{ kg/cm}^2$  ( Cylinder Test ), or equivalent to K - 600 ( Cube Test )

## Construction Of Prestressed Concrete Spun Piles

### CONSTRUCTION OF JBI PILES



### WELDED JOINT



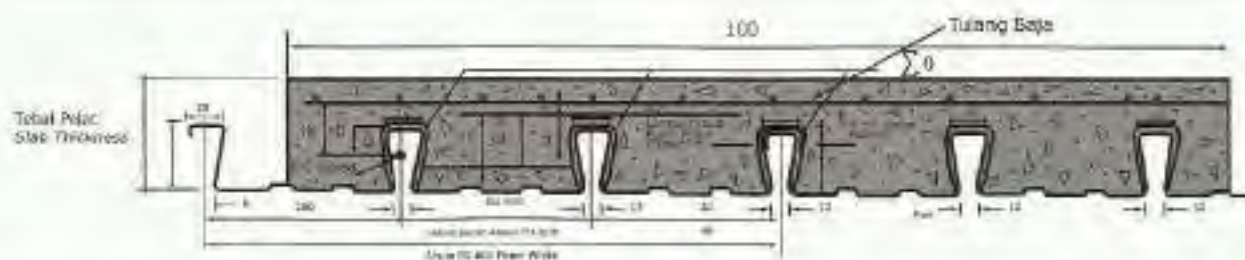
1. On - Site butt Welding
2. Steel plate band
3. End Plate
4. Spiral Reinforcing
5. PC Steel Bar

### Calculation Of Bearing Capacity Dynamic Formula

$$R_a = \frac{2.W.H}{5.S + 0.1}$$

$R_a$  = Allowable Bearing Capacity (ton)  
 $W$  = Weight of Hammer (ton)  
 $H$  = Height of ram stroke (m)  
 $S$  = Final settlement of pile, determined as the average of the last 10 blows, (m)





## TABEL PERENCANAAN PRAKTIS PRACTICAL DESIGN TABLE

PERENCANAAN REINFORCEMENT	BENTANG REINFORCEMENT	Jumlah Tulang Baja (kg/m)				
		250	300	400	500	600
Tulangan	2.00	0	0	0	0	0
	3.50	0	0	0	0	0
Jala Baja	4.00	10	10	11	12	14
	5.50	13	13	15	16	18
Dua Baris	4.00	14	14	16	17	19
	4.50	15	15	17	18	20

Catatan: - Beton kuat (Beton standar ALSTON PD-600 dan beton beton) sudah diperhitungkan.  
 Robas: - Berat total (Mass of ALSTON PD-600 and Concrete Slab) are already calculated.

PERENCANAAN REINFORCEMENT	BENTANG REINFORCEMENT	Jumlah Tulang Baja (kg/m)									
		250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Tulangan	2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jala Baja	4.00	10	10	11	12	14	15	16	17	18	19
	5.50	13	13	15	16	18	19	20	21	22	23
Dua Baris	4.00	14	14	16	17	19	20	21	22	23	24
	4.50	15	15	17	18	20	21	22	23	24	25

Catatan: - Tulang Baja 10.00  
 Robas: Beton K-20/20

## TABEL SIFAT PENAMPANG PANEL SECTION TABLE

**TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG PANEL ALSUN FLOOR DECK FD - 600 PERLEBAR 1000 MM**  
**TABEL 2 : ALSUN FLOOR DECK FD - 600 PANEL SECTION PROPERTIES PER 1000 WIDTH**

TABEL 1, 2	BERAT per SEKELUAR LUAS	LUAS PENAMPANG	PENAMPANG IDENTIFIKASI PENUNJUNG FULLY EFFECTIVE SECTION	MOMEN LENTUR POSITIF POSITIVE BENDING MOMENT			MOMEN LENTUR NEGATIF NEGATIVE BENDING MOMENT			S	DAYA REAKSI AMAN UNTUK PERLEBARAN TEPI		DAYA REAKSI AMAN UNTUK PERLEBARAN TENGAH			
				TITIK TESTERAN PANEL TENSION			TITIK TESTERAN PANEL COMPRESSION				SAFE END REACTION		SAFE INTERNAL REACTION			
				1/c	1/b	1/d	1/c	1/b	1/d		10 mm PERLEBARAN	PERLEBARAN per 10 mm	10 mm PERLEBARAN	PERLEBARAN per 10 mm		
				mm	mm <sup>2</sup>	10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>		10 mm OF BEARING	INCREM per 10 mm	10 mm OF BEARING	INCREM per 10 mm		
mm	kg/m <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>								kg	mm	mm	mm	mm		
0.75	19.1	70.1	38.8	15.4	5.511	15.13	33.13	0.383	13.21	10.73	0.425	3.76	0.09	8.11	1.93	10.10

Catatan:  $I_p$  = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Notes: second moment of area of panel profile for positive moment regions

1/c = item untuk daerah momen negatif (tegangan tarik)

1/d = item for negative moment regions

1/b = momen tahanan puncak tukul dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)  
plastik (moment top of rib negative moment regions (tension stress))

1/d = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus  
equivalent moment of inertia for multiple span deflection calculations

=  $I_p (1.24 - 0.26 \frac{S}{d})$

1/b = item untuk daerah momen negatif (tegangan tarik)

1/d = item bottom for negative moment regions (compressive stress)

1/c = item puncak tukul dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

1/d = item top of rib positive regions (compressive stress)

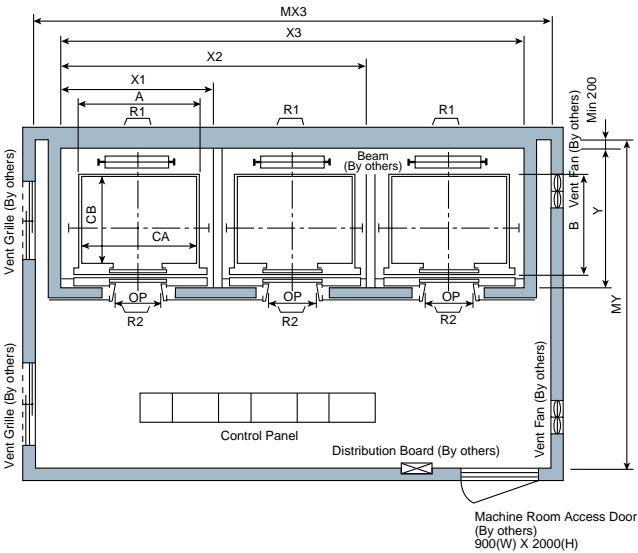
1/b = item dasar dak dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

1/d = item bottom for positive moment regions (tension stress)



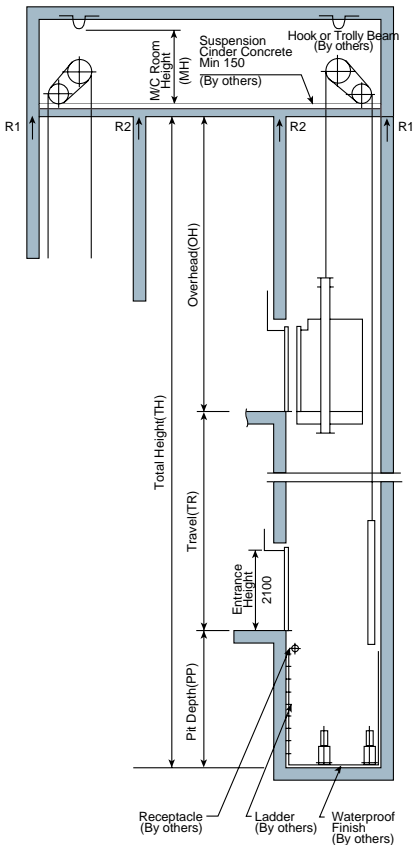
# Installation Layout Plan & Standard Dimensions

Plan of Hoistway & Machine Room (In-Line Arrangement of 3 Units)

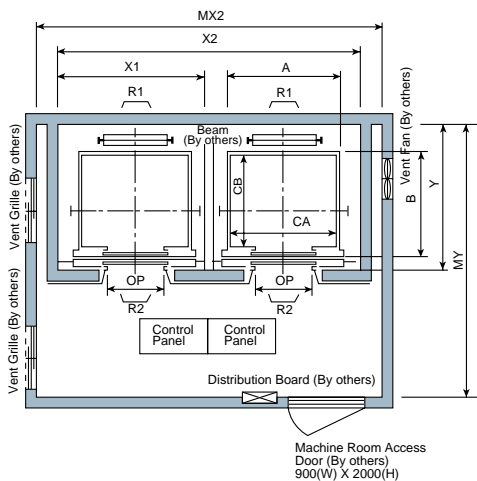
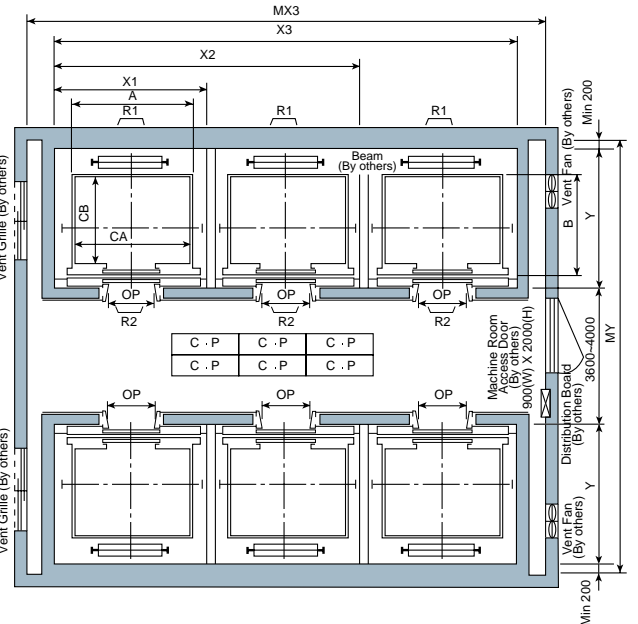


Note : Temperature should be maintained below 40°C and humidity below 90%, with installation of a ventilating fan, ventilating grille, and air conditioner (if necessary). Toxic gas or dust should not be generated.

Section of Hoistway



Face-to-Face Arrangement



Standard Dimensions & Reactions

(Unit: mm)

Speed(M/Min)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(Kg)		
	Persons	(Kg)		Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	
				CA X CB	A X B	X 1	X 2	X 3	Y	MX 1	MX 2	MX 3	MY			
1 2 0	13	900	900	1600 × 1350	1700 × 1570	2300	4550	6900	2200	2800	5500	7900	4500	12030	6630	
				1600 × 1400	1700 × 1620	2300	4550	6900	2250	2800	5500	7900	4500			
	15	1000	900	1600 × 1500	1700 × 1720	2300	4550	6900	2350	2800	5500	7900	4700	12810	6950	
				1600 × 1550	1700 × 1770	2300	4550	6900	2400	2800	5500	7900	4700			
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1720	2500	4950	7500	2400	3000	6100	8800	4700	13080	7130	
			1100	2000 × 1350	2100 × 1570	2700	5350	8100	2250	3200	6250	9100	4500			
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1920	2500	4950	7500	2600	3000	6100	8900	5000	14360	7650	
			1100	1800 × 1730	1900 × 1950	2500	4950	7500	2630	3000	6100	8900	5000			
	180				2000 × 1500	2100 × 1720	2700	5350	8100	2400	3200	6250	9100	4700		
					2000 × 1550	2100 × 1770	2700	5350	8100	2450	3200	6250	9100	4700		
	210	15	1000	1100	2000 × 1750	2100 × 1970	2700	5350	8100	2650	3200	6250	9100	5000	15090	8080
					2000 × 1800	2100 × 2020	2700	5350	8100	2700	3200	6250	9100	5000		
					2150 × 1600	2250 × 1820	2850	5650	8550	2500	3400	6500	9400	4900		
2150 × 1670					2250 × 1890	2850	5650	8550	2570	3400	6500	9500	4900			
2 1 0	15	1000	900	1600 × 1500	1700 × 1720		4600	6950	2400		5600	8200	4900	12810	7800	
				1600 × 1550	1700 × 1770		4600	6950	2450		5600	8200	4900			
				1800 × 1300	1900 × 1520		5000	7550	2200		5800	8400	4900			
				1800 × 1370	1900 × 1590		5000	7550	2300		5800	8400	4900			
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1720		5000	7550	2400		6100	8900	4900	14100	8000	
			1100	2000 × 1350	2100 × 1570		5400	8150	2250		6200	9000	4900			
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1920		5000	7550	2600		6100	8800	5000	15100	8050	
			1100	1800 × 1730	1900 × 1950		5000	7550	2650		6100	8800	5000			
			1100	2000 × 1500	2100 × 1720		5400	8150	2400		6200	9000	5000			
			1100	2000 × 1550	2100 × 1770		5400	8150	2450		6200	9000	5000			
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1970		5000	8150	2650		6400	9000	5000	15700	8100	
				2000 × 1800	2100 × 2020		5000	8150	2700		6400	9000	5000			
				2150 × 1600	2250 × 1820		5700	8650	2500		6500	9400	5000			
2150 × 1670				2250 × 1890		5700	8650	2600		6500	9400	5000				
3 0 0	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1920		5100	7700	2650		6200	9100	6000	17800	13200	
				1800 × 1730	1900 × 1950		5100	7700	2700		6200	9100	6300			
				1100	2000 × 1500	2100 × 1720		5500	8300	2450		6200	9100			5900
				1100	2000 × 1550	2100 × 1770		5500	8300	2500		6200	9100			6300
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1970		5500	8300	2650		6500	9100	6300	18100	13500	
				2000 × 1800	2100 × 2020		5500	8300	2700		6500	9100	6300			
				2150 × 1600	2250 × 1820		5800	8750	2500		6500	9400	6200			
				2150 × 1670	2250 × 1890		5800	8750	2600		6500	9400	6300			
3 6 0	20	1350	1100	1800 × 1700	1900 × 1920		5100	7700	2650		6200	9100	6000	17800	13200	
				1800 × 1730	1900 × 1950		5100	7700	2700		6200	9100	6300			
				1100	2000 × 1500	2100 × 1720		5500	8300	2450		6200	9100			5900
				1100	2000 × 1550	2100 × 1770		5500	8300	2500		6200	9100			6300
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1970		5500	8300	2650		6500	9100	6300	18100	13500	
				2000 × 1800	2100 × 2020		5500	8300	2700		6500	9100	6300			
				2150 × 1600	2250 × 1820		5800	8750	2500		6500	9400	6200			
				2150 × 1670	2250 × 1890		5800	8750	2600		6500	9400	6300			



P.T. GUNUNG GARUDA

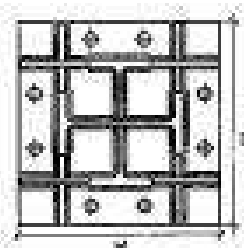
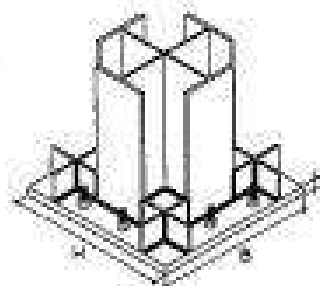
*Start In Our Business*

# FIXED BASE PLATES

## FOR KING CROSS

METRIC SIZE

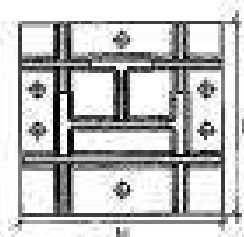
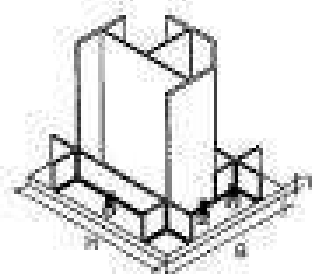
PART NO.	A	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN KING CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMK - 01	302	302	24	17.18	K - 150 x 75
BMK - 02	352	352	28	27.23	K - 200 x 100
BMK - 03	390	390	28	35.00	K - 198 x 99
BMK - 04	426	426	32	45.50	K - 250 x 125
BMK - 05	424	424	30	42.34	K - 248 x 124
BMK - 06	476	476	34	60.47	K - 300 x 150
BMK - 07	450	450	30	47.59	K - 298 x 149
BMK - 08	550	550	39	92.01	K - 350 x 175
BMK - 09	522	522	35	74.99	K - 348 x 174
BMK - 10	600	600	47	132.02	K - 400 x 200
BMK - 11	572	572	38	97.00	K - 398 x 199
BMK - 12	690	690	44	145.93	K - 450 x 225
BMK - 13	700	700	45	170.04	K - 500 x 250
BMK - 14	800	800	47	235.13	K - 500 x 250
BMK - 15	798	798	50	253.47	K - 598 x 308
BMK - 16	900	900	54	343.39	K - 700 x 350
BMK - 17	1000	1000	58	431.75	K - 800 x 398



## FOR QUEEN CROSS

METRIC SIZE

PART NO.	A	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN QUEEN CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMQ - 01	302	265	23	13.82	Q - 150 x 75
BMQ - 02	376	328	27	26.94	Q - 200 x 100
BMQ - 03	374	328	28	23.85	Q - 198 x 99
BMQ - 04	450	388	31	42.49	Q - 250 x 125
BMQ - 05	424	382	29	34.94	Q - 248 x 124
BMQ - 06	500	425	34	68.72	Q - 300 x 150
BMQ - 07	474	400	30	44.55	Q - 298 x 149
BMQ - 08	590	483	37	73.95	Q - 350 x 175
BMQ - 09	522	438	33	68.99	Q - 348 x 174
BMQ - 10	600	520	41	99.56	Q - 400 x 200
BMQ - 11	598	498	38	88.54	Q - 398 x 199
BMQ - 12	690	523	43	115.79	Q - 450 x 225
BMQ - 13	700	550	45	138.93	Q - 500 x 250
BMQ - 14	800	600	47	177.49	Q - 600 x 300
BMQ - 15	798	644	51	253.17	Q - 598 x 300
BMQ - 16	900	700	54	292.36	Q - 700 x 350
BMQ - 17	1000	798	58	393.81	Q - 800 x 398



TOLERANCE (mm)	
t	H, B
± 0.5	± 2

### NOTES:

Material specification as per AS 3101 / SS 400



Fakultas Teknik

19907

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	Budi Suswanto ST MT Ph.D
NAMA MAHASISWA	Ryan Tofik
NRP	3114106056
JUDUL TUGAS AKHIR	Modifikasi Perencanaan Struktur Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan menggunakan concrete filled steel Tube dan Eccentrically Braced Frames
TANGGAL PROPOSAL	23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	054997

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	16 Sept 2015	- Dimensi untuk balok berwarna - mutu tulangan disebutkan kelas - Balok menggunakan shearconnector ditulis - periksa rumus persamaan lateral	- Perbaiki dimensi - mutu tulangan disebutkan - pengaku lateral disebutkan - ganti rumus persamaan interaksi	JKR
2	26 Sept 2015	- Perencanaan balok anak - Perencanaan balok tangga - Perencanaan balok lift - Perencanaan ramp	- Garis untuk hatch gambar dibuat lebih tipis - untuk brosur lift dilampirkan - ramp di struktur sekunder - Perbaiki tulisan Mpa menjadi MPa	JKR
3	30 Sept 2015	- Perencanaan pemodelan struktur dengan Etabs 2015	- Balok anak dimasukkan dlm pemodelan - tulvel dimasukkan - ramp bendek dimasukkan juga - balok bordes dimasukkan	JKR
4	10 Sept 2016	- Pemodelan struktur gedung - balok, kolom ckt, plat lantai	- pembagian gempa yang diberi m - hitung manual beban lateral bangunan - metode push over	JKR
5	17 Sept 2016	- Pemodelan sudah oke - Tambah pemodelan Etabs gambar	- model - kontrol simpangan diujung gedung	JKR





Form AK/TA-04

rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto ST, MT, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ryan Tofik
NRP	: 3114106056
JUDUL TUGAS AKHIR	: modifikasi perencanaan struktur Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan menggunkan concrete filled steel tube dan Eccentrically braced frames
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054997

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	9/11/2016	- Penyelesaian Bab 5 - Mulai mengerjakan struktur Primer Balok Induk	- Perbaiki balok induk - Mulai mengerjakan struktur kolom	JKR
7	17/11/2016	- Perencanaan Bracing - perencanaan Balok Link - perencanaan Balok luar Link	- Perbaiki gambar - Nilai Lb kecil karena ada shear connector - rumus dikurangi gunakan table	JKR
8	24/11/2016	- Perencanaan struktur Primer - gambar dan perbaikan rumus	- Sudah OK lanjut ke Sambungan dan bangunan bawah	JKR
9	30/11/2016	- perencanaan sambungan balok atas dan induk - Sambungan bracing dan kolom - Sambungan kolom-kolom - Sambungan kolom base plate - Sambungan balok tangga dan kolom	- perbaiki gambar dimensi - gunakan stiffener untuk kolom dan kolom - Perbaiki sambungan balok dan kolom	JKR
10	9/12/2016	- perencanaan bangunan bawah - perencanaan pedestal - perencanaan Sloof	- Perbaiki pondasi dan peer - Perbaiki dimensi sloof	JKR
11	13/12/2016	- Gambar perencanaan struktur - Gambar detail - Gambar Bangunan Bawah	- perbaiki dimensi - Perkecil text - Perbaiki SKALA	JKR
12	27/12/2016	- Print abstrak - Print Detail	- Print Sudah OK	mba



Form AK/TG-04

rev.01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Endah Wihyuni ST MSc Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Ryan Tofik
NRP	: 3114106056
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi perencanaan Struktur Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan Menggunakan concrete filled steel tube dan Eccentric ally Braced frames
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054997

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	26-9-2016	- Perencanaan balok anak - perencanaan balok lift - perencanaan balok tangga - perencanaan plat lantai dan ramp	- mulai penggambaran di autocad - lampiran brosur dimasukkan - pembebanan lantai dimasukkan	ES
2	10-10-2016	- pemodelan struktur balok, kolom, plat, dan Bracing Sistem EBF	- Cek kemampuan struktur EBF dalam menahan beban lateral	ES
3	11-11-2016	- Perencanaan Balok Induk - Perencanaan kolom CFE - Cek analisa Push over	- Perbaiki analisa push over	ES
4	27/11-2016	- Perencanaan Struktur Primer - Perencanaan balok induk - perencanaan kolom dan Bracing	- cek analisa Sendi plastis	ES
5	1/12-2016	- perencanaan Sambungan • balok - perencana sambungan kolom - perencanaan sambungan base plate	- periksa pemodelan gempa - Periksa SNI Lendutan	ES
6	14/12-2016	- perencanaan Pondasi - Perencanaan poer - perencanaan Sloof dan pedestal	- Cek perencanaan pedestal - tulangan pedestal dan jenis Pondasi	ES
7	23/12-2016	- Gambar struktur dan Detail	- sudah oke print	ES

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
**PROGRAM SARJANA (S1)**  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Senin** tanggal **9 Januari 2017** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
3114106056	Ryan Tofik	Modifikasi Perencanaan Apartement Bale Hinggil Surabaya Dengan Menggunakan Concreted Filled Steel Tube Dan Eccentrically Braced Frames

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

Hal 136  $1/4 L_b$  dari 950 cm

Hal 196 kuat tumpu balok  $t_p = 0,8$  cm

Hal 51 6 diperbaiki keterangan diperbaiki


Abstrak bahasa Inggris diperbaiki, Tabel ditambah lagi hal 97

Bordas di check lagi

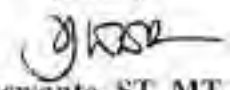
KPS ditentukan sistem strukturnya, eksentrisitas SNI 1726 di check lagi.

Kapabilitaseling pancas berdasarkan bahan dan dandukung tanah

Tulangan 2 kolom untuk peer

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. R. Soewardoyo, M.Sc. Prof. Tawio, ST-MT- PhD	

Surabaya, 9 Januari 2017  
Dosen Pembimbing 1  
(Ketua)

  
**Budi Suswanto, ST, MT, PhD**

Dosen Pembimbing 2  
(Sekretaris)

  
**Endah Wahyuni, ST, MSc, PhD**

Dosen Pembimbing 3  
(Sekretaris)



## BIODATA PENULIS



### **Ryan Tofik**

Lahir di Jakarta, pada tanggal 13 Oktober 1992, merupakan anak pertama dari pasangan Hasan Toni dan Erna Fitri. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 07 Penggilingan Jakarta Timur, SMPN 138 Jakarta, dan SMKN 26 Pembangunan Jakarta. Kemudian penulis melanjutkan studinya di D3 Politeknik Negeri Jakarta Jurusan

Teknik Sipil dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 3114106056. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur.

*Email :* [taufik\\_ryan@yahoo.co.id](mailto:taufik_ryan@yahoo.co.id)